



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
**Schweizerische Hochschule
für Landwirtschaft SHL**
Haute école suisse d'agronomie HESA

**Mitteilungen der
Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau**

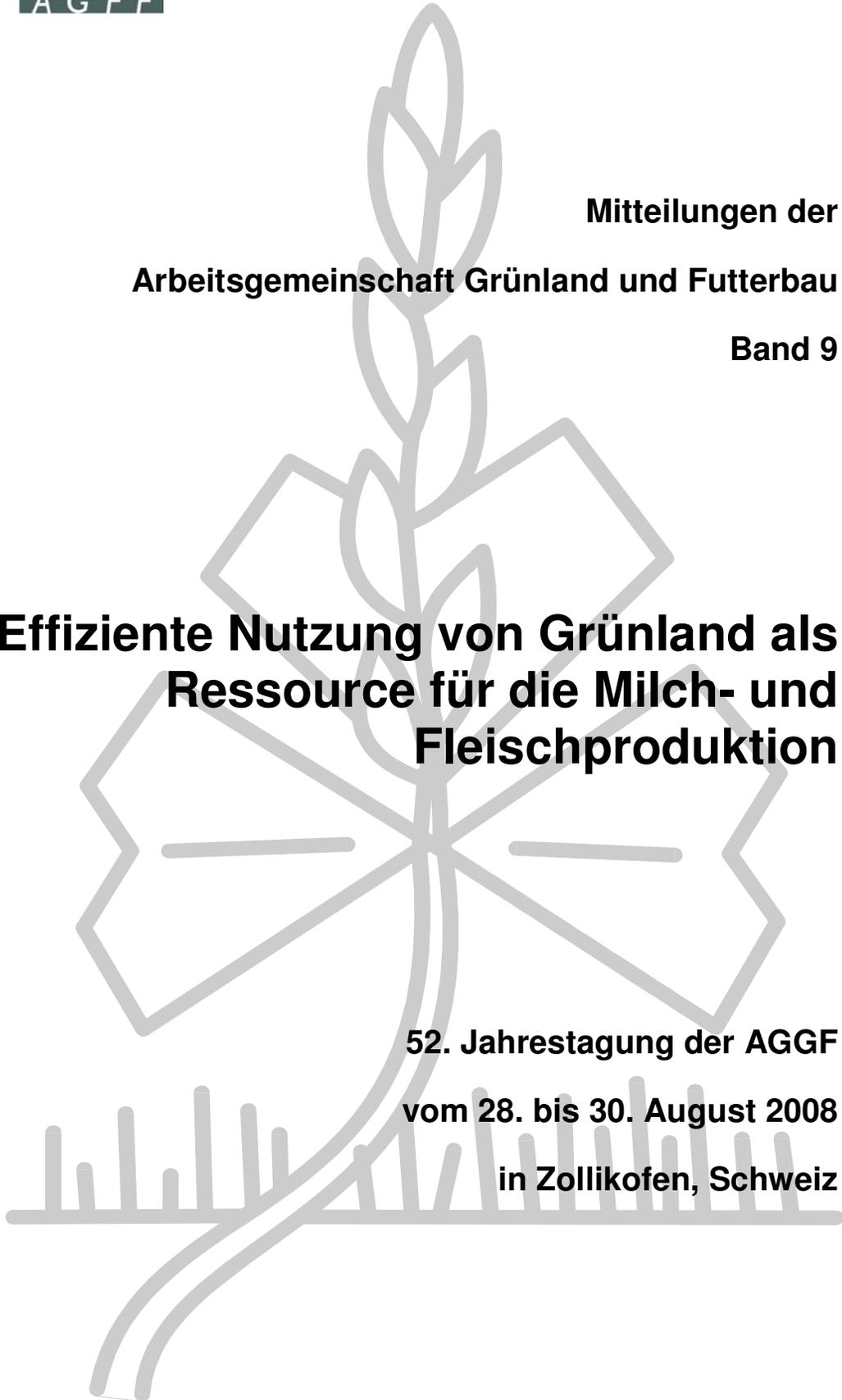
Band 9

**Effiziente Nutzung von Grünland als
Ressource für die Milch- und
Fleischproduktion**

52. Jahrestagung der AGGF

vom 28. bis 30. August 2008

in Zollikofen, Schweiz



Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 9

Referate und Poster der 52. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Herausgeber: P. Thomet, H. Menzi, J. Isselstein

Druck: AGRIDEA

ISBN: 978-3-033-01702-3

Vorwort

Die Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Grünland- und Futterbau (AGGF) der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. führt dieses Jahr die ordentliche Jahrestagung vom 28. bis 30. August 2008 in der Schweiz durch. Gastgeber sind die Schweizer Schwesterorganisation „Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF)“ und die Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL).

In der für diese Tagungen üblichen Art, wird es auch in diesem Jahr ein Schwerpunktthema geben, das in Plenarvorträgen und Workshops ausführlich behandelt wird. Angesichts der aktuellen Entwicklung der globalen Agrarproduktion und passend zum Grasland Schweiz steht die **effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion** heuer im Vordergrund. Die Erfahrungen der letzten Jahre deuten darauf hin, dass das Zeitalter des verschwenderischen Umgangs mit den Ressourcen zu Ende geht und ein Neues, jenes der Ressourcen-Effizienz, beginnt. Als Grünlandwissenschaftler sind wir aufgefordert darüber nachzudenken, was dies für unser Fachgebiet bedeutet und welchen Beitrag wir zur globalen Verbesserung der Agrarproduktion leisten können.

Eingeladene Referenten werden in die Thematik einführen. In Workshops sollen Wissensstand und Forschungsperspektiven detailliert behandelt werden. Ziel ist es, Potential und Funktion von Grünland als Ressource für die Nahrungsmittelproduktion im zukünftigen Umfeld vertieft zu diskutieren. Folgende Workshops sind vorgesehen:

- Effizienter Umgang mit Stickstoff in graslandbasierten Produktionssystemen,
- Produktionstechnische Effizienz-Parameter und Energie-Effizienz in graslandbasierten Milch- und Fleischproduktionssystemen,
- Effiziente Weidenutzung,
- Nährwert und Milchproduktionspotential des Futters von Grünland,
- Ertragreiche und ertragssichere Ansaatwiesen kreieren; neue ertragreiche Arten und Sorten für ein hohes Milchproduktionspotential,
- Verlustarme Konservierung von Wiesen- und Weidefutter.

Eine halbtägige Exkursion zur Versuchsanlage der Forschungsanstalt ART und eine ganztägige Exkursion in den Kanton Freiburg liefern einen Einblick in die Schweizerische Landwirtschaft und aktuelle Grünlandforschung.

Über 130 Personen aus dem ganzen deutschen Sprachraum nehmen an der Tagung teil. Insgesamt werden über 80 Beiträge vorgestellt, davon 53 im Rahmen der thematischen Workshops. Der vorliegende Tagungsband liefert mit seinen vielfältigen Beiträgen einen guten Überblick zum gegenwärtigen Stand der landwirtschaftlichen Grünland- und Futterbauforschung in Mitteleuropa.

Die Vorbereitung und Durchführung dieser Tagung wäre ohne die grosse Unterstützung Vieler nicht möglich gewesen. Besonderer Dank gilt allen Mitgliedern des Organisationskomitees von SHL, AGRIDEA, Agroscope ART und ALP sowie den Sponsoren für ihre grosszügige Unterstützung.

Zollikofen, im August 2008

Peter Thomet
Präsident Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus
AGFF

Harald Menzi
Schweiz. Hochschule
für Landwirtschaft SHL

Johannes Isselstein
Leiter Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
AGGF

Schweiz. Hochschule
für Landwirtschaft SHL

Sponsoren

Wir danken folgenden Sponsoren herzlich für die freundliche Unterstützung:



Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus:
<http://www.agff.ch>



Delley Samen und Pflanzen AG:
<http://www.dsp-delley.ch>



Eric Schweizer AG:
<http://www.ericsschweizer.ch>



Hauenstein Samen AG
<http://www.hauenstein.ch>



Samen Steffen
<http://www.samensteffen.ch>



UFA Samen
<http://www.ufasamen.ch>

SMP • PSL

Schweizer Milchproduzenten
Producteurs Suisses de Lait
Produttori Svizzeri di Latte

Schweizer Milchproduzenten
<http://www.swissmilk.ch>

Organisatoren

Wir danken den folgenden Organisatoren ganz herzlich



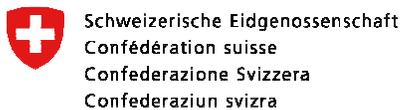
Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus:
www.agff.ch

• • • • •
Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
**Schweizerische Hochschule
für Landwirtschaft SHL**
Haute école suisse d'agronomie HESA

Schweizerische Hochschule für
Landwirtschaft SHL
www.shl.bfh.ch



AGRIDEA
Schweizerische Vereinigung für die Entwicklung
der Landwirtschaft und des ländlichen Raums
www.agridea.ch



Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Agroscope ALP & ART
www.agroscope.com



Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.
wwwuser.gwdg.de/~aggf

Organisationskomitee

Peter Thomet, Präsident AGFF, SHL
Johannes Isselstein, Vorsitzender AGGF
Simon Kohler, SHL
Andreas Lüscher, Agroscope ART
Harald Menzi, SHL
Hans Schüpbach, AGRIDEA
Ueli Wyss, Agroscope ALP

Inhaltsverzeichnis

HAUPTREFERATE

Stellung des Futterbaus und der Milchproduktion in der Schweizerischen Agrarpolitik	1
<i>M. Bötsch</i>	
Grundlagen effizienter Raufutterproduktion mit Mischbeständen	7
<i>A. Lüscher, N. Buchmann, O. Huguenin-Elie, D. Nyfeler, M. Suter, A. Weigelt, E. Frossard, M. Scherer-Lorenzen</i>	
Verwertung, Verluste und Optimierung beim Einsatz des Futters vom Grünland	21
<i>M. Kreuzer</i>	
Effizienzparameter der Milchproduktion auf Stufe Betrieb	29
<i>P. Thomet und B. Durgjai</i>	

WORKSHOP 1 – Effizienter Umgang mit Stickstoff in graslandbasierten Produktionssystemen

Einfluss variierter N-Mengen und N-Verteilung auf Ertragsbildung und Inhaltsstoffgehalte von Grünlandbeständen mit und ohne Weißkleeansaat	43
<i>U. Thumm, P. Weckherlin, W. Ehrmann</i>	
Zur Bedeutung punktueller N-Einträge für unterschiedlich intensive Weidesysteme	47
<i>M. Kayser, H.-P. König, B. Landwehr und J. Isselstein</i>	
Stickstoffaufnahme von Klee-Gras Beständen in Abhängigkeit des Kleeanteils und der N-Düngung	51
<i>O. Huguenin-Elie, D. Nyfeler, E. Frossard und A. Lüscher</i>	
Stickstoffeffizienz von Schweizer Milchproduktionsbetrieben	55
<i>H. Menzi</i>	
Emissionsinventar für Ammoniak basierend auf einer repräsentativen Umfrage zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik	59
<i>H. Menzi, T. Kupper, B. Reidy</i>	
Lenkung des Futterangebotes von Weiden mit mineralischer N-Düngung	63
<i>P. Thomet, M. Stettler, M. Hadorn, E. Mosimann</i>	
Silomaisanbau in einer Fruchtfolge mit Ackergras (mit und ohne Rotklee) – Möglichkeiten zur Minderung des Nitrataustrags im Maisanbau	67
<i>T. Kalmilage, M. Kayser und J. Isselstein</i>	

WORKSHOP 2 – Produktionstechnische Effizienz-Parameter & Energie-Effizienz in graslandbasierten Milch- und Fleischproduktionssystemen

Flächenproduktivität - Milch von 499 bayrischen Betrieben	71
<i>D. Weiß, G. Dorfner, K. Auerswald, P. Thomet</i>	
Milchleistung aus Gras unter Vollweidebedingungen	75
<i>P. Rauch, S. Steinberger, H. Spiekers</i>	
Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung im Vergleich Deutschland –Schweiz	79
<i>M. Schick</i>	
Weidebasierte Fleischproduktion auf Fruchtfolgeflächen des Schweizer-Mittellandes	83
<i>R. Schmied, E. Mosimann, und P. Kunz</i>	
Betriebswirtschaftlicher Systemvergleich Rindfleischerzeugung	87
<i>D. Weiß, J. Vöglin, B. Wippel</i>	

Produktivität einer extensiven Mähstandweide mit Rindern	91
<i>M. Hofmann, C. Kinert, S. Fischer und G. Riehl</i>	
Methode zur Berechnung der Flächenleistung Milch	95
<i>P. Thomet, M. Stettler und D. Weiß</i>	
Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain – Verlauf ausgewählter Merkmale bei Vollweidekühen im ersten Laktationsdrittel	99
<i>H.J. Frey, P. Hofstetter, R. Petermann und P. Kunz</i>	
Optimierung der Arbeitsproduktivität auf grünlandbasierten Milchviehbetrieben	102
<i>M. Schick</i>	
Flächenleistung Milch von drei Vollweide-Betrieben mit Kurzrasenweide im CH-Mittelland	106
<i>P. Thomet, M. Hadorn, A. Wyss</i>	
Kraffuttermgaben und Milchleistung bei Weidegang von Milchviehherden im ökologischen Landbau	110
<i>E. Leisen</i>	
Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen und Treibhauspotenzial der Raufutterproduktion	113
<i>O. Huguenin-Elie und T. Nemecek</i>	
<u>WORKSHOP 3 – Effiziente Weidenutzung</u>	
Milchleistung bei unterschiedlichem Lebendgewicht und Entfernung der Weide vom Stall bei Alpung	117
<i>E. Leisen, K. Buchgraber</i>	
Einfluss von Weidesystem und Beweidungsintensität auf die Ertragsbildung und die Futterqualität von natürlichen Graslandbeständen der Inneren Mongolei, VR China	120
<i>P. Schönbach, A. Schiborra, M. Gierus, K. Müller, B.M. Tas, A. Susenbeth, F. Taube</i>	
GIS-gestützte Quantifizierung von Narbenschäden auf Winterweiden	124
<i>T. Mattern, H. Laser</i>	
Pflanzenbestände langjährig durch Fleischrinder genutzter Winterumtriebs- und Winterstandweiden	128
<i>W. Opitz von Boberfeld, J. Simon, K. Elsebach und H. Laser</i>	
Langjährige Ganzjahres-Außenhaltung von Fleischrindern und Pflanzenbestände - eine Validierung auf betriebsübergreifender Ebene -	132
<i>W. Opitz von Boberfeld, J. Simon, K. Elsebach und H. Laser</i>	
Ein Konzept zur Steigerung der Weidefutteraufnahme von Milchkühen mit hoher Leistung!	136
<i>H. Kohnen und J. Schellberg</i>	
Effects of grassland management and stocking rate on plant dry matter production and mineral content in Inner Mongolia steppe, China	140
<i>X.Y Gong, P. Schönbach, M. Gierus, S. Lin, K. Dittert, F. Taube</i>	
Effects of grazing strategies and stocking rate on reproduction and abundance of three bunch grasses in typical steppe of Inner-Mongolia, China	144
<i>H. Wan, P. Schönbach, M. Gierus, Y. Bai, F. Taube</i>	
<u>WORKSHOP 4 – Nährwert und Milchproduktionspotential des Futters von Grünland</u>	
Effect of Genotype and ploidy levels on the digestibility and fibre fractions of perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.)	148
<i>H. Salama, M. Lösche, A. Hermann, M. Gierus, F. Taube</i>	

Einfluss der Applikation eines selenhaltigen Kalkgranulates auf die Selen-Konzentrationen in Weideaufwüchsen und die Glutathionperoxidase-Aktivität von Rindern unterschiedlicher Rassen	152
<i>H. Laser, M. Behrendts und B. Tönepöhl</i>	
Einfluss der Fütterung auf die Milchfettzusammensetzung: Naturwiesenfutter im Vergleich zu Kunstwiesenfutter	156
<i>U. Wyss und M. Collomb</i>	
Verdaulichkeit und Abbaubarkeit von Rohprotein einheimischer tanninhaltiger Futterpflanzen	160
<i>Y. Arrigo, A. Scharenberg</i>	
Forage quality for growing beef cattle on restored mountain pastures	164
<i>K. Stankovičová, J. Nováka and J.E. Vale</i>	
PPO-Aktivität in Rotklee unter Berücksichtigung von Genotyp, Umweltfaktoren und Nutzungsintensität - Einfluss auf die Proteinqualität	168
<i>B. Eickler, M. Gierus, F. Taube</i>	
Futterwert des Deutschen Weidelgrases – nur eine Frage des ontogenetischen Stadiums?	172
<i>J. Müller, L. Dittmann</i>	
Methodik von Weideversuchen	176
<i>R. Schröpel</i>	
Die Qualität von konserviertem Wiesenfutter auch ohne Futtermittelanalyse richtig einschätzen	180
<i>M. Boessinger</i>	
Fettsäurezusammensetzung der Sommer- und Wintermilch in Ökobetrieben bei unterschiedlichem Weide-, Kraffutter- und Maisanteil in der Fütterung	183
<i>F. Mersch, M. Vormann, T. Schöler, E. Leisen</i>	
<u>WORKSHOP 5 – Ertragreiche und ertragssichere Ansaatwiesen; neue ertragreiche Arten und Sorten für ein hohes Milchproduktionspotential</u>	
Ökotypen von Welschem Weidelgras aus Schweizer Naturwiesen sind oft leistungsfähiger als empfohlene Zuchtsorten	187
<i>B. Boller, P. Tanner, F. Schubiger</i>	
Effekte unterschiedlicher Sorten von Lolium perenne L. auf die botanische Zusammensetzung von Gras-Klee-Mischungen	191
<i>D. Suter, H.U. Briner, A. Lüscher</i>	
Zur Verdaulichkeit von Hoch-Zuckerreichem Gras – Ergebnisse aus nordost-deutschen Sortenversuchen	195
<i>H. Jänicke</i>	
Vergleich verschiedener Kleegrasmischungen im ökologischen Landbau anhand der Wurzel- und Sprossleistung	199
<i>M. Braun, H. Schmid, T. Grundler</i>	
Kaukasischer Klee (Trifolium ambiguum M.B.), eine Alternative zu Weissklee an trockenen Weidestandorten?	203
<i>V. Bettler, S. Bichsel, P. Thomet</i>	
Untersuchungen zum Anbau von Luzerne in Reinsaat und im Luzernegras-Gemenge in Abhängigkeit von Sorte und Stickstoffdüngung auf einem lehmigen Sandstandort	207
<i>H. Giebelhausen</i>	
Hoch-Zuckerreiches Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort – fünfjährige Ergebnisse	211
<i>H. Jänicke</i>	

WORKSHOP 6 – Verlustarme Koservierung von Wiesenfutter

Einsatz von Kombisiliermitteln bei Grassilage	215
<i>H. Nussbaum</i>	
Einfluss von Bewirtschaftung und Standort auf die Qualität von Grassilagen – Ergebnisse einer Praxiserhebung	219
<i>S. Wetekam</i>	
Silier- und Dürrfuttermeisterschaften: Neue Kampagnen im Engagement für hohe Futterqualität	223
<i>M. Boessinger, M. Lobsiger und U. Wyss</i>	
25 Jahre Dürrfutter-Enquête Schweiz - Erkenntnisse und Folgerungen	227
<i>M. Boessinger</i>	
Nährwert und Gärqualität von Grassilagen aus der Praxis	231
<i>U. Wyss und V. Piccard</i>	
FUPLAN: Ein umfassendes EDV-Tool zur Rationenplanung für Wiederkäuer	235
<i>M. Boessinger, F. Sutter und P. Python</i>	
Folienlose Abdeckung von NaWaRo-Silagen: Auswirkungen auf die Silagequalität	238
<i>H. Nussbaum</i>	
Folienlose Abdeckung von NaWaRo-Silagen: Auswirkungen auf die Ausbeute an Biogas	242
<i>H. Nussbaum</i>	

FREIE THEMEN – Vegetation und Biodiversität von Wiesen und Weiden

Phytdiversität des Wirtschaftsgrünlandes – Welche Rinderhalter können artenreiches Grünland produzieren?	246
<i>H. G. Stroh, S. Klimek und J. Isselstein</i>	
Schulung der Artenkenntnis von Wiesen und Weiden	250
<i>K. Waser</i>	
Ergebnisse eines 8-jährigen Grünlandversuches mit Variation von Düngung und Nutzung auf tiefgründigem Niedermoor	254
<i>E. Alabsi, R. Bockholt, L. Dittmann</i>	
Wiesenerhaltung durch gezielte Gräserversamung	258
<i>O. Huguenin-Elie, C.J. Stutz, R. Gago und A. Lüscher</i>	
Senecio aquaticus: Risikoflächen und Einfluss der Bewirtschaftung	262
<i>M. Suter, A. Lüscher</i>	
Auswirkungen geringer mineralischer Düngung auf Pflanzenbestand und Biomasseproduktion eines artenreichen Halbtrockenrasens	266
<i>G. Briemle, B. Tonn</i>	
Teilflächenbezogene ökologische und futterwirtschaftliche Beurteilung des Grünlandes im Naturschutzgebiet Heiligensee und Hütelmoor (2005)	270
<i>R. Schönfeld – Bockholt, D. Roth und L. Dittmann</i>	
Einfluss von Betriebsstruktur und Bewirtschaftung auf die Pflanzenvielfalt in Bergwiesen	274
<i>M. K. Schneider, I. Weyermann, A. Lüscher</i>	
Bewertung von Pflanzenbeständen und Milchleistung in Ökobetrieben Nordwestdeutschlands	278
<i>M. Vormann, U. von Borstel, E. Leisen</i>	

Der Einfluss von Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Mulchen auf die Alpha - Biodiversität höherer Grünlandpflanzen	282
<i>R. Schönfeld – Bockholt</i>	
Schlüssel zur Natur	286
<i>S. Kuchen, B. Stäheli</i>	
 <u>FREIE THEMEN – Umwelt und Gesellschaft</u>	
Untersuchungen zum Oberflächengewässerschutz–Reduzierung des P-Austrags nach Starkniederschlägen durch ungedüngte Randstreifen bei hängigen Grünlandflächen	289
<i>M. Diepolder, S. Raschbacher</i>	
Späte Schnittzeitpunkte von Extensivgrünland – eine Strategie zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Biofestbrennstoffe aus der Landschaftspflege?	293
<i>B. Tonn, U. Thumm, W. Claupein</i>	
Werte & Image der graslandbasierten Milchproduktion	297
<i>M. Lobsiger, U. Wyss</i>	
Beeinflussung der Wasserqualität in einem kleinen Einzugsgebiet des Nordost-deutschen Tieflandes	301
<i>P. Kahle, B. Tiemeyer, L. Dittmann, C. Rommel, E. Schulze, B. Lennartz</i>	
Kontrolle auf unerwünschte Stoffe in Grünfüttermitteln-ein Statusbericht aus Bayern	305
<i>K. Schwertl-Banzhaf und M. Felsner</i>	
Wasserverbrauch und Stoffaustrag landschaftstypischer Ansaaten für Flussauen	309
<i>A. Behrendt, G. Schalitz, R. Meißner und L. Müller</i>	
Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen – Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein	313
<i>A.K. Miehe, A. Herrmann, F. Taube</i>	
 <u>FREIE THEMEN – Oekosystem-Forschung & Physiologie</u>	
Verbesserung der Wassernutzungseffizienz von Grünland- und Futterpflanzen durch wasserspeichernde Bodenzusatzstoffe	317
<i>F. Küchenmeister, K. Küchenmeister, K. Kaminski, N. Wrage, J. Isselstein</i>	
Messung der Wassernutzungseffizienz von Grünland- und Futterpflanzen mit Hilfe von stabilen Isotopen	320
<i>N. Wrage, F. Küchenmeister, K. Küchenmeister, K. Kaminski, J. Isselstein</i>	
Wirkung lang- und kurzfristiger Niederschlagsverhältnisse auf die 13C Diskriminierung von C3-Vegetation im Zentralasiatischen Grasland	324
<i>M. Wittmer, K. Auerswald, R. Tungalag, Y.F. Bai, R. Schäufele und H. Schnyder</i>	
Trends in der 13C-Diskriminierung und der physiologischen Wassernutzungseffizienz im Grünland in den letzten 150 Jahren	328
<i>I. Köhler, P. Poulton, K. Auerswald, H. Schnyder</i>	
Die Wirkung der N-Ernährung auf die C- und N-Versorgung des Blattwachstums von Deutsch Weidelgras	332
<i>M. Wild, F.A. Lattanzi, C. A. Lehmeier, R. Schäufele, H. Schnyder</i>	
Einfluss der Fütterung auf die isotopische und fettchemische Zusammensetzung von Kuhmilch	336
<i>K. Auerswald, D. Weiß, R. Schäufele</i>	
Ausnutzung des natürlichen Wasserangebots in einer Fruchtfolge mit Silomais und Luzerne	340
<i>K. Schmalzer</i>	
Autorenverzeichnis	344

Stellung des Futterbaus und der Milchproduktion in der Schweizerischen Agrarpolitik

M. Bötsch

Bundesamt für Landwirtschaft, Mattenhofstrasse 5, CH-3003 Bern;
Email: manfred.boetsch@blw.admin.ch

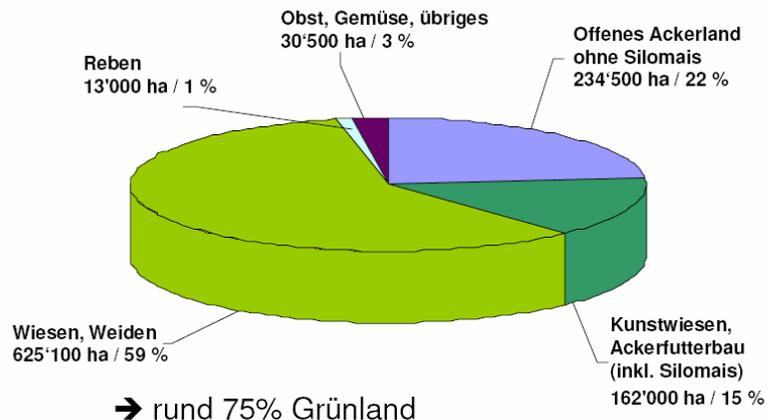
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Bundesamt für Landwirtschaft BLW



Fakten und Zahlen

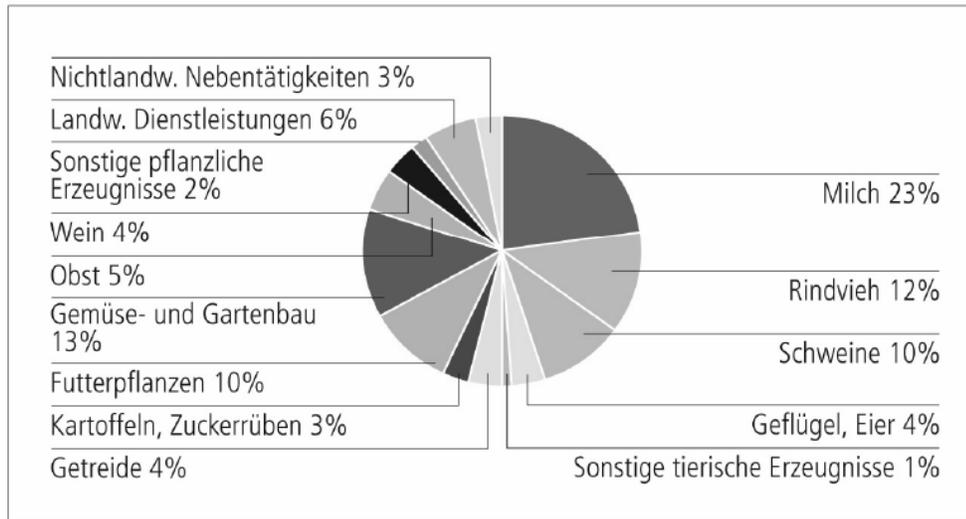
Landwirtschaftliche Nutzfläche : ca. 1 Mio. ha





Fakten und Zahlen

Zusammensetzung des landwirtschaftlichen Wirtschaftsbereiches 2006



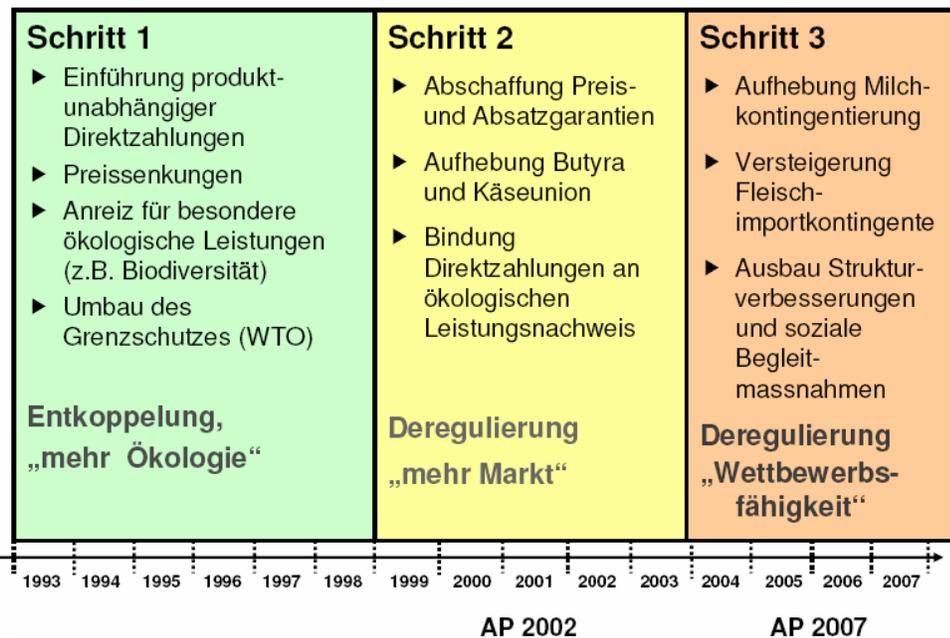
Quelle: BFS

Jahrestagung AGGF
Manfred Bötsch, Direktor Bundesamt für Landwirtschaft

3



Agrarpolitische Reform

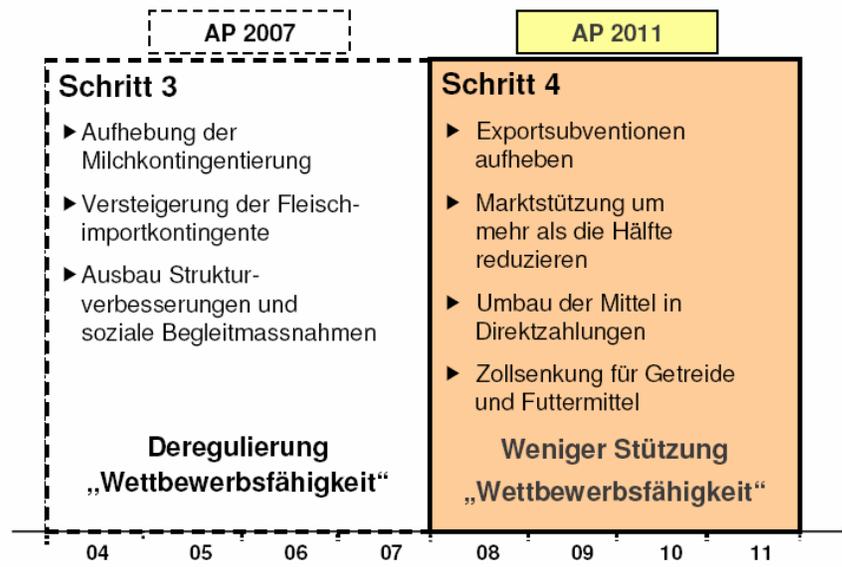


Jahrestagung AGGF
Manfred Bötsch, Direktor Bundesamt für Landwirtschaft

4



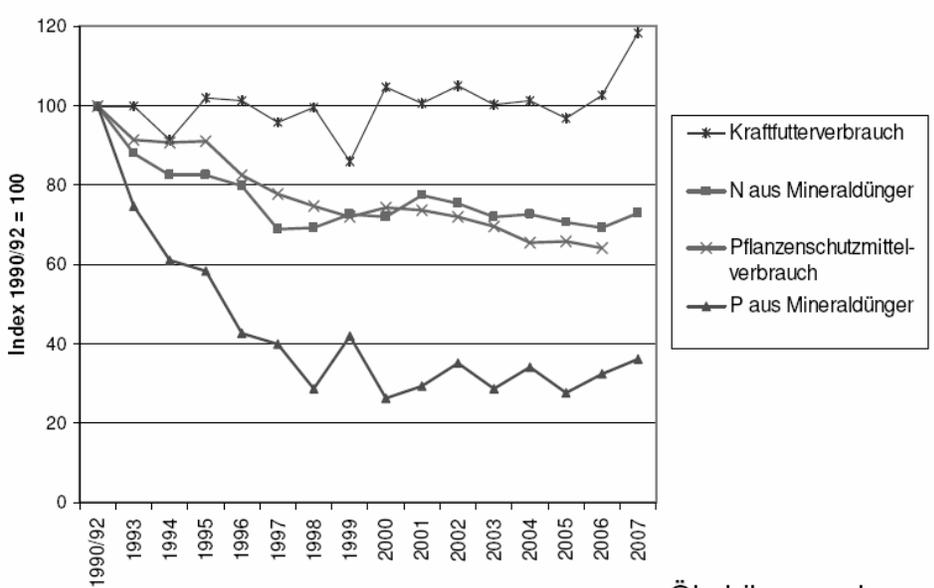
Agrarpolitische Reform



Jahrestagung AGGF
Manfred Bötsch, Direktor Bundesamt für Landwirtschaft



Zwischenbilanz



Ökobilanz verbessert

Jahrestagung AGGF
Manfred Bötsch, Direktor Bundesamt für Landwirtschaft



Marktstützung

- Keine Interventionssysteme
- Keine Mindestpreise (Richtpreise möglich)
- Keine Exportsubventionen (Ausnahme Rohstoffpreisausgleich)
- Keine Quoten (Kontingente), hingegen Vertragspflicht (1 Jahr)
- Offene Grenzen zur EU für Käse / Rest Zölle gem. WTO
- Produktkennzeichnung (AOC / Alp / Berg)

- Selbsthilfemassnahmen → Allgemeinverbindlichkeit
 - Qualitätsverbesserung
 - Absatzförderung
 - Krisenintervention

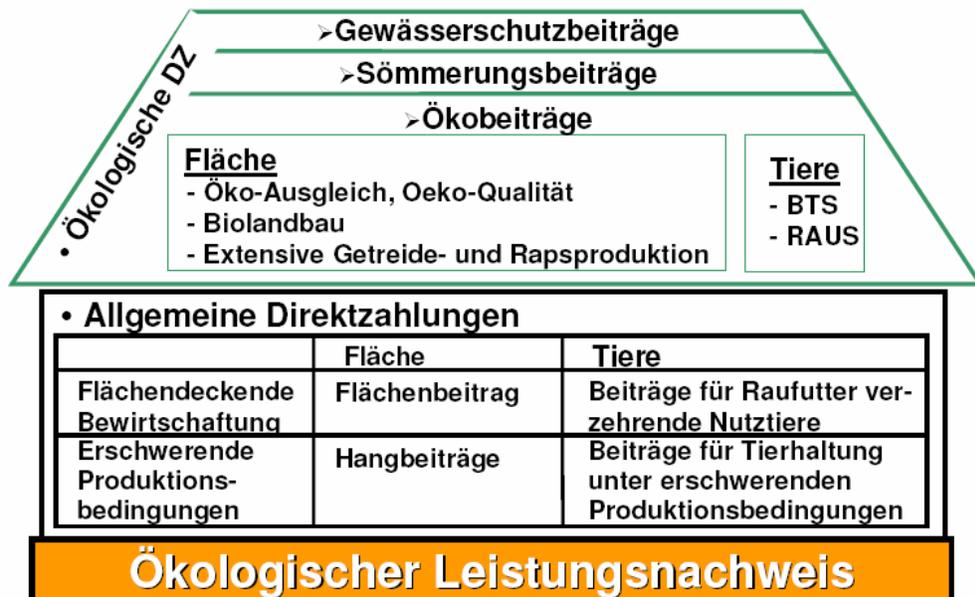
Jahrestagung AGGF

7

Manfred Bötsch, Direktor Bundesamt für Landwirtschaft



Direktzahlungen



Jahrestagung AGGF

8

Manfred Bötsch, Direktor Bundesamt für Landwirtschaft



Strukturverbesserungen

- **Starthilfe** für Jungbauern (Darlehen)
- **Investitionskredite** (meist zinslos) an vor allem Ökonomiegebäude für Raufutterverzehrer
- **Investitionsbeiträge** (à fond perdu) an vor allem Ökonomiegebäude für Raufutterverzehrer
- **Güterzusammenlegung**



Ausblick / Herausforderungen

1. Marktöffnung (WTO / Freihandelsabkommen)

- gut gewappnet betr. Elimination der Exportsubvention und Abbau der Marktstützung
- Abbau Grenzschutz – grosse Herausforderung (Milchwirtschaft nur mässig tangiert)



Ausblick / Herausforderungen

2. Nahrung / Energie / Wasser / Klima / Boden



Ziel: mehr Nahrungsmittel mit nachhaltiger Produktion

Wie?



Ausblick und Herausforderungen

Nahrung ist keine Selbstverständlichkeit

Nachhaltige Nahrungsproduktion eine riesige Herausforderung
und grosse Chance

Schweizer Landwirtschaft ist auf dem guten Weg

Grundlagen effizienter Raufutterproduktion mit Mischbeständen

A. Lüscher¹, N. Buchmann², O. Huguenin-Elie¹, D. Nyfeler¹, M. Suter¹, A. Weigelt³,
E. Frossard², M. Scherer-Lorenzen²

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich; Email: andreas.luescher@art.admin.ch

²Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, Universitätstrasse 2, CH-8092 Zürich;

³Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ökologie, Dornburger Str. 159, D-07743 Jena,

Landwirtschaft und Diversitätsexperimente

Das grosse Potential von Mischbeständen für landwirtschaftlich genutztes Grasland wurde schon sehr früh erkannt (HECTOR und HOOPER, 2002; SANDERSON *et al.*, 2004) und gezielt genutzt (FREY, 1955). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ging jedoch der Einsatz von Mischbeständen in weiten Regionen Europas zu Gunsten von sehr hoch mit Stickstoff (N) gedüngten Reinbeständen ertragreicher Futtergräser mit hoher Futterqualität verloren. Einige Länder haben jedoch durchgehend am Einsatz von Gras-Leguminosen-Mischungen festgehalten (FRANKOW-LINDBERG, 2005; KESSLER und SUTER, 2005). Neue politische und ökonomische Rahmenbedingungen machen es nötig, den Einsatz von Mischbeständen neu zu beurteilen. Einerseits gilt es aus ökonomischen Gründen die Produktionskosten zu senken, andererseits ist ein hoher Einsatz von mineralischem N unerwünscht: wegen der Produktion des Treibhausgases CO₂ bei seiner energieaufwändigen Herstellung und wegen der mineralischen und gasförmigen N-Verluste an die Umwelt bei seiner Anwendung.

Biodiversitätsexperimente im Grasland, bei denen die Anzahl und die Zusammensetzung der Pflanzenarten experimentell variiert wird, haben häufig mit steigender Artenzahl eine steigende Biomasseproduktion, aber auch Effekte auf eine Reihe weiterer Ökosystemleistungen gefunden (BALVANERA *et al.*, 2006). Diese Untersuchungen wurden vornehmlich in ungedüngten Systemen durchgeführt und decken i.d.R. einen Diversitätsgradienten zwischen einer Art (Reinkulturen), artenarmen (2-4 Artenmischungen) und relativ artenreichen Mischungen (16-60 Arten) ab. Die Resultate legen nahe, dass Ökosystemprozesse in artenreichen Systemen „besser funktionieren“ – d.h. dass beispielsweise Prozessraten auf höherem Niveau ablaufen – und dass artenreiche Systeme mehr bzw. höhere Ökosystemleistungen liefern und deshalb die Ressourcen effizienter nutzen als artenarme Bestände. Es ist zu erwarten, dass dies noch stärker zutrifft, wenn nicht nur die Biomasseproduktion, sondern mehrere Ökosystemleistungen gleichzeitig beurteilt werden (HECTOR und BAGCHI, 2007).

Es bleiben jedoch viele Fragen offen. So wurde beispielsweise bis jetzt hauptsächlich die Biomasseproduktion untersucht, während andere Leistungen der Ökosysteme erst in den letzten Jahren verstärkt miteinbezogen wurden. Weiter bleibt abzuklären, ob die gemachten Beobachtungen auch auf intensiv landwirtschaftlich genutzte und gedüngte Graslandökosysteme übertragbar sind. Dies ist nicht klar, da grosse Unterschiede in den Prozessen zwischen nährstoffarmen (Konkurrenz um Nährstoffe) und stark ge-

düngten (Konkurrenz um Licht oder Wasser) Ökosystemen bestehen. Dementsprechend sind unter den beiden Bedingungen auch andere Merkmale für den Erfolg von Pflanzenarten entscheidend: langsam wachsende Arten mit einem tiefen Blattflächenverhältnis und langsam abbaubarer Streu herrschen in nährstoffarmen Systemen vor, während in nährstoffreichen Systemen schnell wachsende Arten mit einem hohen Blattflächenverhältnis und schnell abbaubarer Streu zu finden sind (LAMBERS und POORTER, 1992). Diese unterschiedliche Artausstattung bedingt wiederum unterschiedliche Prozessraten durch Feedback-Mechanismen zwischen Pflanzen und Bodenorganismen.

In landwirtschaftlich genutzten und halbnatürlichen Graslandsystemen nimmt die Artenzahl bei steigender Nährstoffverfügbarkeit stark ab und parallel dazu nimmt der Ertrag zu. Dieser negative Zusammenhang zwischen Diversität und Produktivität wird regelmässig in vergleichenden Studien in wohl etablierten Systemen beobachtet und kann durch den Ausschluss konkurrenzschwacher Arten durch schnell wachsende Arten mit zunehmender Nährstoffverfügbarkeit erklärt werden (GRIME, 2001). Es bleibt also zu prüfen, ob unter nährstoffreichen (landwirtschaftlichen) Bedingungen artenarme Mischungen oder gar Reinbestände den höchsten Ertrag liefern. Der negative Zusammenhang zwischen Produktivität und Artenzahl mit steigendem Nährstoffniveau und der positive Zusammenhang zwischen Artenzahl und Produktivität in Biodiversitätsexperimenten mit konstant gehaltenem Nährstoffniveau betreffen zwei unterschiedliche Fragestellungen: während in den vergleichenden Studien v.a. der Einfluss von Umweltfaktoren auf die Diversität gezeigt wird – d.h. die Umweltfaktoren sind die erklärende Variable und die Diversität ist die abhängige Variable – wird in den Biodiversitätsexperimenten der Frage nachgegangen, wie sich Ökosystemleistungen ändern, wenn sich die Artenzahl verändert – d.h. die Diversität ist nun die erklärende Variable und die Ökosystemleistungen sind die abhängigen Variablen.

Für die Beurteilung der Ergebnisse aus den Diversitätsexperimenten kommt der Vergleichsbasis, mit der die Leistung von Mischungen verglichen wird, eine entscheidende Rolle zu. In vielen Publikationen wird der Ertrag der Mischungen mit dem Durchschnitt der Erträge aller Reinkulturen verglichen. Ist der Mischungsertrag höher, so spricht man von „Overyielding“ und die Mischung wird als besser eingestuft als die Reinkulturen. Um das effizienteste System zu sein, müsste eine Mischung bei einem gegebenen Angebot an Wachstumsressourcen jedoch besser sein als die beste Reinkultur („transgressive Overyielding“; TRENBATH, 1974). Dies gilt besonders in der Landwirtschaft, wo eine Reinkultur als Alternative zu einer Mischung nicht zufällig gewählt wird, sondern gezielt die beste Reinkultur gewählt wird. Es bleibt also zu untersuchen, ob unter landwirtschaftlichen Bedingungen Mischungen nicht nur besser sind als eine durchschnittliche Reinkultur, sondern ob sie auch besser sind als die beste Reinkultur.

Das Ziel dieses Artikels ist es, Antworten zu diesen offenen Fragen für landwirtschaftlich genutzte und gedüngte Graslandökosysteme zu geben. Dabei greifen wir hauptsächlich auf zwei grosse Mischungsexperimente mit unterschiedlichen Schwerpunkten zurück: das COST 852 Agrodiversity Grassland Experiment (KIRWAN *et al.*, 2007; http://www.iger.bbsrc.ac.uk/COST_852/COST852Homepage.html) und auf das Jena Experiment (ROSCHE *et al.*, 2005; www.the-jena-experiment.de). Im COST Experiment stehen intensiv genutzte Ansaatwiesen im Vordergrund, welche im Experiment einen Ertragsbereich bis $1700 \text{ g TM m}^{-2} \text{ J}^{-1}$ abdeckten (für Deutschland und die Schweiz). Über einen grossen Klimabereich von Süd- bis Nordeuropa wurden neben der Artenzahl vor allem die relativen Anteile der Arten manipuliert und der Einfluss auf die Ertragsbildung untersucht. Im Gegensatz dazu bezieht sich das Jena Experiment auf wenig intensives Dauergrünland (Glatthaferwiesen), mit einem Ertragsbereich bis etwa $1000 \text{ g TM m}^{-2} \text{ J}^{-1}$. Hier stehen die Effekte der Artenzahl auf Ertrag und andere Ökosystemprozesse im Vordergrund.

Material und Methoden

COST 852 Experiment

Im Rahmen der COST-Aktion 852 „Quality Legume-Based Forage Systems for Contrasting Environments“ wurde an 40 Standorten in Europa ein Mischungsexperiment durchgeführt mit dem Ziel, den Einfluss der Artenzahl, der Artanteile (Evenness) und der Identität der Einzelarten auf die Ökosystemleistungen zu analysieren (KIRWAN *et al.*, 2007). Dabei wurde an jedem Standort mit den je zwei wichtigsten Gras- und Klee-Arten intensiv genutzter Wiesen gearbeitet, die in sehr unterschiedlichen Verhältnissen gemischt wurden (Tab.1). Da die klimatischen Bedingungen zwischen den Standorten von Griechenland und Süd-Italien bis Island und Nord-Norwegen sehr unterschiedlich waren, unterschieden sich die vier Arten je nach klimatischer Region (Mittelmeer trocken, Mittelmeer feucht, Mitteleuropa, Nordeuropa). In Mitteleuropa wurde mit den Arten *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* gearbeitet (Details siehe KIRWAN *et al.*, 2007). Um die Dynamik der Bestandeszusammensetzung nicht zu beeinflussen wurden die Parzellen nicht gejätet. Die Resultate in diesem Artikel basieren auf 28 Standorten mit dem Schwerpunkt auf Mitteleuropa, insbesondere auf Zürich-Reckenholz, wo als zusätzlicher Faktor die N-Düngung in 3 Stufen (50, 150 und 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹) variiert wurde.

Tab. 1: Relative Anteile der vier Arten in den Saatmischungen des COST 852 Experimentes. Jede Mischung wurde in zwei Dichten angesät (100% und 60%).

Lp: *Lolium perenne*, Dg: *Dactylis glomerata*, Tp: *Trifolium pratense*, Tr: *Trifolium repens*, fett: Mischungen an allen mitteleuropäischen Standorten, Nicht fett: zusätzliche Mischungen bei 150 kg N ha⁻¹ J⁻¹ am Standort Zürich-Reckenholz.

	Zusammensetzung [% der Arten (Lp/Dg/Tp/Tr)]			
Reinkulturen	(100/0/0/0)	(0/100/0/0)	(0/0/100/0)	(0/0/0/100)
Zwei Arten, gleiche Anteile	(50/50/0/0)	(50/0/50/0)	(50/0/0/50)	
	(0/50/50/0)	(0/50/0/50)	(0/0/50/50)	
Vier Arten, extrem dominiert	(90/3/3/3)	(3/90/3/3)	(3/3/90/3)	(3/3/3/90)
Vier Arten, dominiert	(70/10/10/10)	(10/70/10/10)	(10/10/70/10)	(10/10/10/70)
Vier Arten, co-dominiert	(40/40/10/10)	(40/10/40/10)	(40/10/10/40)	
	(10/40/40/10)	(10/40/10/40)	(10/10/40/40)	
Vier Arten, gleiche Anteile	(25/25/25/25)			

Jena Experiment

Das Jena Experiment ist das weltweit grösste Biodiversitätsexperiment an einem Standort mit künstlich angelegten Wiesenmischungen, bestehend aus 1, 2, 4, 8, 16 und 60 Pflanzenarten auf 90 grossen (400 m²) und 390 kleinen Parzellen (12,25 m²). Jede Diversitätsstufe wurde dabei mit unterschiedlich zusammengesetzten Mischungen wiederholt, mit Ausnahme der kompletten 60-Artenmischung mit Wiederholung der identischen Artenkombination (Tab. 2). Parallel wurde auch die Anzahl funktioneller Gruppen (definiert als Gräser, Leguminosen, klein- und grosswüchsige Kräuter) weitgehend unabhängig von der Artenanzahl variiert (Tab. 2; ROSCHER *et al.*, 2004). Zu beachten ist, dass neben den 16 zufällig ausgewählten Reinkulturen in den grossen Parzellen (Tab. 2), alle anderen 44 Arten auf kleinen Parzellen ebenfalls in Reinkultur angelegt wurden, um die Berechnung des Overyieldings durchführen zu können. Zum Aufrechterhalten des Diversitätsgradienten müssen die Parzellen regelmässig gejätet werden, zudem wird zweimal jährlich gemäht. Angelegt im Jahr 2002, werden seither nicht nur die ober- und unterirdische Produktivität, sondern auch sehr detailliert der

Kohlenstoff-, Wasser- und Nährstoffhaushalt auf allen Parzellen kontinuierlich gemessen. Darüber hinaus werden trophische Interaktionen zwischen Pflanzen, Konsumenten, Prädatoren und Destruenten untersucht, um die Abhängigkeit dieser Interaktionen von der Pflanzendiversität aufzudecken. Zudem gibt es einen sog. Dominanzversuch (auf 206 kleinen Parzellen), bei denen 9 potentiell dominante Gräser und Kräuter als Mischungen unterschiedlicher Artenzahl (1, 2, 3, 4, 6, 9 Arten) angesät wurden. Seit 2006 wird auf fünf Teilflächen pro Parzelle des Hauptversuches zusätzlich die Bewirtschaftungsintensität variiert (sog. Managementversuch), um die Diversitäts-Produktivitätsbeziehung unter landwirtschaftlich relevanten Bedingungen zu untersuchen. Dabei wird sowohl die Mahdfrequenz (1, 2, oder 4 Schnitte) als auch das Düngungsniveau (NPK-Dünger mit 0, 100 oder 200 kg N ha⁻¹ J⁻¹) in 5 Verfahren (siehe Abb. 2) variiert, um einen Bewirtschaftungsgradienten von extensiv zu intensiv zu erzeugen.

Tab. 2: Experimentelles Design des Jena Experiments mit der Anzahl an unterschiedlichen Mischungen (=Parzellen) pro Diversitätsstufe, dargestellt am Beispiel des Hauptversuches mit 400 m² grossen Parzellen. *: Die 60-Artenmischung beinhaltet immer die gleiche Artkombination.

		Artenzahl					Parzellen	
		1	2	4	8	16		60
Funktio- nelle Gruppen	1	16	8	4	4	2	34	
	2		8	4	4	4	20	
	3			4	4	4	12	
	4			4	4	4	4*	16
Parzellen		16	16	16	16	14	4	82

Ergebnisse und Diskussion

Overyielding

Die Resultate des COST 852 Experimentes zeigten im ersten Jahr ein deutliches Overyielding. Die ausgeglichene Mischung (25% jeder der vier Arten) erzielte über alle 28 Standorte gemittelt einen Mehrertrag von 47% über dem Durchschnitt der vier Reinkulturen (KIRWAN *et al.*, 2007), wobei der Effekt an 25 Standorten signifikant war. Es ist erstaunlich, dass dieser Effekt so konstant war und über den grossen klimatischen Gradienten von Südeuropa bis Island auftrat, wie auch über den extrem grossen Bereich der Produktivität der Standorte, die von 250 bis 1840 g TM m⁻² J⁻¹ reichte (Erträge der Mischungen mit gleichen Artanteilen). Vorläufige Analysen der mitteleuropäischen Standorte zeigten, dass das deutliche Overyielding auch im zweiten und dritten Jahr signifikant war (LÜSCHER *et al.*, 2008).

Im Jena Experiment waren die Mischungen ebenfalls produktiver als der Durchschnitt der Reinkulturen, und mit zunehmender Artenzahl stieg die Biomasseproduktion kontinuierlich an. Über alle Mischungen gemittelt zeigte sich im zweiten Versuchsjahr (2003) bereits eine um 46,7% erhöhte Produktivität der Mischungen gegenüber dem Mittel der Reinkulturen. Dieser Vorteil der Mischungen bestätigte sich auch in den Folgejahren (ausgewertet bis 2006, dem fünften Versuchsjahr, MARQUARD *et al.*, subm.). Wurden nur Arten berücksichtigt, die in typischen mitteleuropäischen Wiesen dominant werden können (sog. Dominanzversuch), so war der Mehrertrag der Mischungen sogar um 82,6% erhöht (ROSCHE *et al.*, 2005).

Transgressives Overyielding

KIRWAN *et al.* (2007) konnten mit der Analyse von 28 Standorten zeigen, dass im COST Experiment im ersten Jahr signifikantes transgressives Overyielding auftrat. Vorläufige Analysen zeigten diesen Effekt auch im zweiten und im dritten Jahr. Der durchschnittliche Ertrag aller angesäten Mischungen mit ihren sehr unterschiedlichen Artanteilen (Tab. 1) war in den drei Jahren 6, 20 und 16% höher als der Ertrag der ertragreichsten Reinkultur (HELGADOTTIR *et al.*, 2008). Am Standort Zürich-Reckenholz resultierten die starken Diversitätseffekte ebenfalls in signifikantem transgressivem Overyielding (Abb. 1).

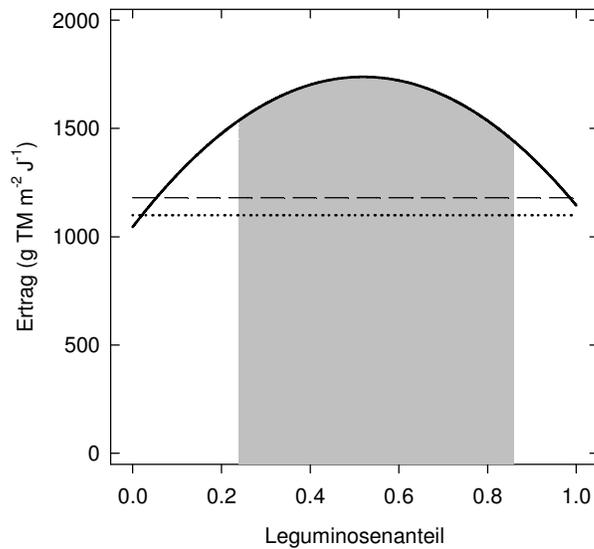


Abb. 1: Einfluss des Leguminosenanteils auf den Ertrag der Mischungen bei 150 kg N-Düngung $\text{ha}^{-1} \text{J}^{-1}$ im zweiten Jahr des COST Experimentes am Standort Zürich-Reckenholz (gefittete Linie der Regressionsanalyse aus $n=50$ Messpunkten, Tab. 1). Dargestellt sind die Erträge der Mischungen, die gleiche Anteile der beiden Grasarten *L. perenne* und *D. glomerata* und der beiden Leguminosenarten *T. pratense* und *T. repens* enthielten (—). Zum Vergleich sind ebenfalls die Erträge der Reinkulturen mit dem höchsten Ertrag (— — —, Referenz für transgressives Overyielding) und dem durchschnittlichen Ertrag (······, Referenz für Overyielding) dargestellt. Grau eingefärbt ist der Bereich mit signifikantem transgressivem Overyielding.

Im Jena Experiment trat im zweiten Jahr transgressives Overyielding in nahezu einem Viertel aller Mischungen auf (ROSCHER *et al.* 2005). Eine detaillierte Analyse aus den folgenden Versuchsjahren zeigte, dass transgressives Overyielding v.a. bei Kombination von zwei funktionellen Gruppen auftrat, d.h. bei Kombination von Arten mit unterschiedlicher Wuchsform bzw. Physiologie. (MARQUARD *et al.*, subm.). Im Dominanzversuch (mit potentiell dominanten Arten wie *Arrhenaterum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*) wiesen sogar 67,7% aller Mischungen höhere Erträge als die beste Reinkultur auf (ROSCHER *et al.*, 2005). Im dritten Versuchsjahr (2004) sank dieser Prozentsatz dann auf 33.5% (ROSCHER *et al.*, 2007).

CARDINALE *et al.* (2007) fanden in einer Metaanalyse über 44 Mischungsexperimente, dass der Ertrag der artenreichsten Mischung im Durchschnitt 1.77 mal grösser war als der Durchschnittsertrag aller Reinkulturen. Das Ausmass des Overyieldings in unseren beiden Experimenten war also in einem ähnlichen Bereich wie dieser Wert, dies obwohl für das Jena Experiment das durchschnittliche Overyielding aller Mischungen und nicht nur dasjenige der artenreichsten Mischung angegeben wurde. Herausragend und unerwartet war jedoch das Ausmass des transgressivem Overyieldings, das in unseren

beiden Experimenten gefunden wurde. CARDINALE *et al.* (2007) stellten nämlich nur in 12% der Experimente signifikantes transgressives Overyielding fest. Im Durchschnitt aller 44 Experimente erreichte der Ertrag der artenreichsten Mischung nur gerade 88% des Ertrages der ertragreichsten Reinkultur. Ein zentraler Unterschied zwischen den 44 Experimenten der Metaanalyse und dem COST Experiment sowie dem Jena Experiment, insbesondere dem Dominanzversuch, liegt im Unterschied der Reinkulturerträge zwischen einzelnen getesteten Arten. In den Experimenten der Metaanalyse war der Ertrag der ertragreichsten Reinkultur nahezu doppelt so gross wie der Durchschnittsertrag aller Reinkulturen ($1.77:0.88=1.93$), was das Erreichen eines signifikanten Overyieldings sehr vereinfacht. Demgegenüber braucht es dann einen grossen Schritt vom Overyielding zum transgressiven Overyielding. Im COST Experiment wurden jedoch gezielt die jeweils besten futterbaulich genutzten Arten ausgewählt, im Jenaer Dominanzversuch die potentiell dominanten Arten. Der Ertrag aller Reinkulturen war dementsprechend hoch (Abb. 1). Dies führte dazu, dass es deutlich schwieriger war, Overyielding zu erreichen, während der Schritt zum transgressiven Overyielding danach jedoch wesentlich geringer war. Die grossen Diversitätseffekte (Overyielding und transgressive Overyielding), die in beiden Experimenten trotz der durchwegs hohen Erträge der Referenz (Reinkulturen) erzielt wurden, zeigen das enorme Potenzial der getesteten Mischungen.

Einfluss der Düngung auf die Diversitätseffekte

Am Standort Zürich-Reckenholz (COST Experiment) war das Overyielding für die drei Jahre mit 49, 106 und 69% bei der tiefsten N-Stufe (N50) am höchsten. Diese sehr starken Diversitätseffekte führten dazu, dass der Ertrag der ertragreichsten Mischungen bei einer N-Düngung von $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$ so hoch war wie der Ertrag der mit $450 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$ gedüngten Grasreinkulturen (NYFELER *et al.*, 2008). Die hervorragende Leistung der Mischungen bei tiefer N-Düngung deuten an, dass die symbiotische N_2 -Fixierung (BOLLER und NÖSBERGER, 1987) einen bedeutenden Anteil an den Diversitätseffekten hatte. Am Standort Zürich-Reckenholz erreichte die Menge an fixiertem Luftstickstoff, der mit der Kleebiomasse geerntet wurde, bis $326 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$.

Durch die höchste N-Düngung (N450) wurde das Overyielding reduziert, blieb aber selbst bei dieser hohen N-Gabe mit 42, 34 und 22% für die drei Jahre von Bedeutung. Sogar das transgressive Overyielding war bei der höchsten N-Stufe noch nachweisbar: Es betrug im ersten Jahr 19% ($p < 0.001$); während es im zweiten und dritten Jahr nur noch 14% (ns) und 6% (ns) betrug. Erstaunlich war der hohe Wert für das transgressive Overyielding, wenn der kumulierte Ertrag über alle drei Versuchsjahre analysiert wurde. Die ertragreichste Mischung produzierte über drei Jahre hinweg selbst bei der höchsten N-Stufe 33% mehr Ertrag als die ertragreichste Reinkultur.

Durch die Überlagerung des Diversitäts- mit dem Bewirtschaftungsgradienten (sog. Managementversuch im Jena Experiment) ist es möglich, den relativen Anteil der Diversität und der Bewirtschaftung an der Ertragsbildung sowie eine mögliche Interaktion zwischen beiden Faktoren zu untersuchen. Zu Beginn des Versuches wurde davon ausgegangen, dass Bewirtschaftungseffekte über Düngung und Mahdfrequenz einen deutlich stärkeren Einfluss auf den Ertrag haben sollten als eine Veränderung der Artenzahl. Wie Abb. 2 allerdings zeigt, wurde im vierten Jahr nach der Ansaat durch eine Intensivierung ein durchschnittlicher Mehrertrag von $315 \text{ g m}^{-2} \text{ J}^{-1}$ (TM) erreicht, während eine Erhöhung der Artenzahl von 1 auf 16 im Mittel sogar eine Erhöhung von $440 \text{ g m}^{-2} \text{ J}^{-1}$ erzielte, was v.a. in den Mischungen mit Leguminosen zustande kam (WEIGELT *et al.*, subm). Damit waren sehr diverse, ungedüngte Mischungen genauso produktiv wie stark gedüngte Reinkulturen bzw. stark gedüngte artenarme Mischungen. Zu beachten ist dabei, dass am Standort Jena aufgrund der relativ geringen Niederschlagsmenge (587mm im langjährigen Mittel) die Ertragssteigerung durch Düngung

sicherlich geringer ausfällt als an gut wasserversorgten Standorten, wobei unter solchen guten Bedingungen auch die Diversitätseffekte deutlicher ausfallen sollten, wenn die Artenzahl der Mischungen aufrecht erhalten werden kann. Ausserdem sind nicht alle Arten der Glatthaferwiesen im Jena Experiment an häufige Schnittnutzung angepasst, so dass das Ertragsmaximum schon bei einer mittelintensiven Nutzung erreicht wurde. Da im Jena Experiment ein zufälliger Artenverlust simuliert wurde, sind einige typische, durch die landwirtschaftliche Nutzung geförderte Mischungen nicht im Design vorhanden, wie z.B. Klee-gras-Ansaatwiesen. Aus diesem Grund haben wir die Ertragsdaten des Managementversuchs im Jena Experiment solchen aus konventionell bewirtschafteten Wiesen unterschiedlicher Nutzungsintensität auf ähnlichen Standorten gegenübergestellt. Auch hier zeigt sich, dass die ungedüngten, hoch-diversen Mischungen mit 60 Arten genauso produktiv waren wie eine sehr artenarme, stark gedüngte Klee-gras-Mischung (Abb. 2).

Beide Experimente zeigen, dass mit artenreichen und leguminosenhaltigen Mischungen bei reduziertem Ressourceninput ähnlich hohe Erträge wie in Reinkulturen mit hoher N-Düngung erzielt werden können.

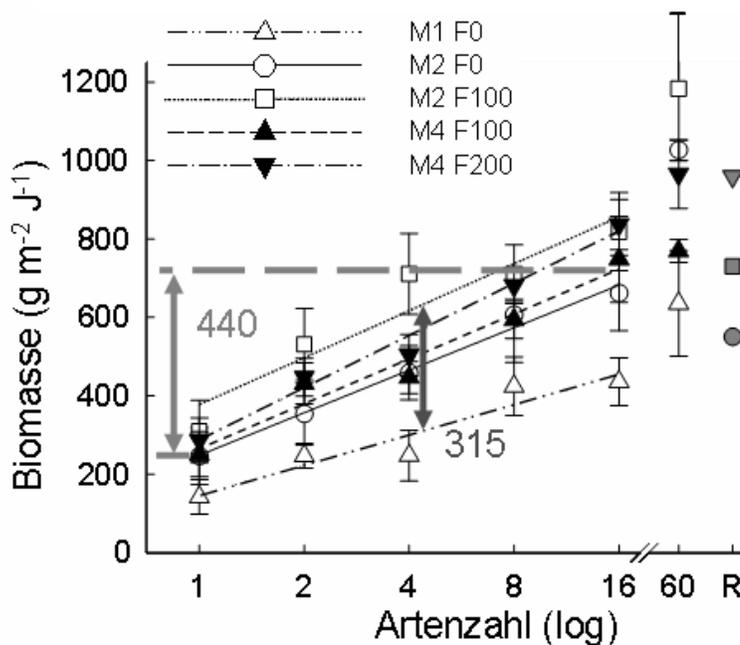


Abb. 2. Beziehung zwischen Diversität und Produktivität im Managementversuch des Jena Experiments mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten. M1, 2, 4: Mahd-frequenz in Schnitten pro Jahr; F0, 100, 200: Düngungsstufe in $\text{kg N ha}^{-1} \text{J}^{-1}$. Die grauen Symbole (R) geben das Ertragsniveau konventionell bewirtschafteter Wiesen auf vergleichbaren Referenz-Stand-orten an; Dreieck: gedüngte Klee-gras-Mischung, Quadrat: mittelintensive Dauerwiese, Kreis: wenig intensive Dauerwiese.

Einfluss der Artenzahl (Richness) und der Artanteile (Evenness) auf die Diversitätseffekte

Die Analysen über alle Standorte des COST Experimentes (KIRWAN *et al.* 2007) hinweg im ersten Jahr ergaben, dass die Artanteile in der Mischung einen entscheidenden Einfluss auf die Diversitätseffekte ausübten. Die Mischungen mit gleichen Artanteilen, also mit der grösstmöglichen Evenness, zeigten das stärkste Overyielding ($310 \text{ g m}^{-2} \text{ J}^{-1}$). Je weniger ausgeglichen die Mischung war (Tab. 1), desto geringer waren das Overyielding (KIRWAN *et al.*, 2007). Dieser Zusammenhang wurde auch für die Ausgeglichenheit der Gras-Leguminosenanteile am Standort Zürich beobachtet (Abb. 1). Die Auswertungen zeigten weiter, dass die Grösse der Diversitätseffekte mit steigender Artenzahl zunahm, dass diese Zunahme jedoch eine deutliche Sättigung erfuhr. Der Produktivitätsgewinn bei einer Erhöhung der Artenzahl von drei auf vier Arten war nur noch gering.

Im Jena Experiment zeigte sich ein über fünf Jahre hinweg sehr stabiler Diversitätseffekt auf die Produktivität (MARQUARD *et al.*, *subm.*), wobei sich auch hier eine Sättigung einstellte (linearer Anstieg in der logarithmischen Darstellung der Artenzahl in Abb. 2), allerdings bei höheren Diversitätsstufen als in der COST Studie. Diese positive Diversitäts-Ertragsbeziehung bestätigt die Ergebnisse aus vielen anderen Diversitätsexperimenten weltweit (BALVANERA *et al.*, 2006). Darüber hinaus blieb dieser positive Zusammenhang auch unter unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten bestehen (Abb. 2).

Die sehr grossen Diversitätseffekte, die im COST-Experiment mit nur vier Arten erzeugt werden konnten und die Sättigung der Diversitätseffekte mit steigender Artenzahl in beiden Experimenten, wie auch die grosse Bedeutung der Ausgeglichenheit der Artanteile in der Mischung zeigen, dass es für die Landwirtschaft eine gute Strategie sein könnte, Mischungen einzusetzen und die Ausgeglichenheit dieser Mischungen bewusst zu fördern. An vielen Standorten der COST 852 Studie ist dies nur schlecht gelungen. Über die Zeit nahm der Anteil an Leguminosen stark ab und die Mischungen wurden immer mehr durch *D. glomerata* dominiert. Diese Entwicklung war vor allem durch die Identität der Arten (sehr hohe Konkurrenzkraft von *D. glomerata*) und durch die Reaktion der Arten auf die N-Düngung beeinflusst. Der relative Anteil von *D. glomerata* in der ursprünglich gesäten Mischung hatte dagegen einen untergeordneten Einfluss. Auch im Jena Experiment kam es zu Veränderungen der Artanteile über die Zeit, so dass sich Rang-Abundanz-Muster einstellten, die typisch für bewirtschaftete Dauergrünlandgesellschaften sind, mit deutlicher Dominanz von *Arrhenatherum elatius* (ROSCHER *et al.*, 2005). Diese zeitliche Instabilität der Artenzusammensetzung, die in beiden Experimenten auftrat, bedeutet, dass über längere Zeiträume die realisierte Evenness abnahm. Dadurch könnte der Diversitätseffekt mit der Zeit abnehmen, was jedoch im COST-Experiment einzig im dritten Jahr bei der höchsten N-Stufe am Standort Zürich auftrat. In einem Zusatzversuch im Jena Experiment, indem neben der Artenzahl auch die Evenness manipuliert wurde zeigte sich tatsächlich, dass der Effekt der Artenzahl grösser als derjenige unterschiedlicher Evenness war, was auf die rasche Einstellung typischer Rang-Abundanz-Muster selbst in Mischungen mit ursprünglich gleichen Artanteilen (=maximale Evenness) zurückzuführen war (SCHMITZ *et al.* in prep.). Artenreiche Mischungen, in denen andere Arten die Funktionen von zurückgedrängten Arten übernehmen können („Versicherungsleistung“) oder auch eine Zusammenstellung von Mischungen aus Arten und/oder Sorten mit ausgeglichener Konkurrenzkraft (LÜSCHER und JACQUARD, 1991; LÜSCHER *et al.*, 1992) können diesem Phänomen entgegenwirken.

Wegen der ausgeprägten Diversitätseffekte der getesteten vier-Arten-Mischungen im COST Experiment waren die Vorteile der Mischungen, trotz der Bedeutung der Evenness, über einen weiten Bereich der Artanteile vorhanden. Auch wenn nicht die „opti-

mal ausgeglichene“ Mischung erzeugt werden konnte, waren die Vorteile immer noch deutlich. Dies war bei der mittleren N-Stufe (N150) am ausgeprägtesten: die Mischungen mit einem Leguminosenanteil zwischen 5 und 98% lieferten mindestens den gleichen Ertrag wie die beste Reinkultur (Abb. 1). Das transgressive Overyielding war dabei im Bereich von 25 bis 90% Leguminosenanteil in der Mischung signifikant. Es zeigte sich also, dass die Ansaat einer Mischung im Vergleich zur Reinkultur bei diesem N-Niveau praktisch immer ein Vorteil war, selbst wenn die optimale Mischungszusammensetzung nicht erreicht wurde.

Zur optimalen Nutzung der Diversitätseffekte wird es daher eine interessante Herausforderung für die Forschung sein, Mischungen und Bewirtschaftungsstrategien zu entwickeln, die einerseits langfristig ausgeglichene Artanteile in den Beständen ermöglichen, andererseits auch eine hohe Diversität bei intensiver Nutzung erhalten können, um damit das biologische Potenzial zur Ertragssteigerung und –sicherung voll ausschöpfen zu können.

Ursachen der Mischungseffekte

Mit zunehmender Diversität steigt auch die Wahrscheinlichkeit an, dass besonders produktive Arten in einer Mischung enthalten sind, die das System dominieren können. Dieser als „sampling“ oder „selection“ bezeichnete Effekt führt dann dazu, dass im Mittel über alle Mischungen die Produktivität mit zunehmender Diversität ebenfalls ansteigen kann. Dieser Effekt ist vor allem von Bedeutung bei einem grossen Unterschied im Ertragsniveau der einzelnen Monokulturen. In unseren beiden Experimenten spielte dieser Effekt aber nur eine untergeordnete Rolle. Durch den Test auf transgressives Overyielding, der sich auf die produktivste Reinkultur bezieht, wird sichergestellt, dass dieser „sampling“-Effekt nicht als Erklärung für den höheren Ertrag in unseren Mischungen auftreten kann.

Beide hier vorgestellten Experimente unterstreichen, dass die zusätzliche Versorgung mit Leguminosen-fixiertem Stickstoff eine wichtige Grundlage für positive Mischungseffekte ist. Dennoch zeigen detaillierte Analysen der Ergebnisse, dass nicht ausschliesslich die symbiotische N₂-Fixierung für die Diversitätseffekte verantwortlich war (siehe auch VAN RUIJVEN und BERENDSE, 2005). Dies ist einerseits ersichtlich an der Tatsache, dass auch im weitgehend nicht durch Stickstoff limitierten System (COST Standort Zürich-Reckenholz, N450) bedeutende Diversitätseffekte auftraten, sowie dass auch unter Gabe von 200 kg N die positive Diversitäts-Ertragsbeziehung im Jena Experiment bestehen blieb. Andererseits ergaben die Analysen auch signifikante Diversitätseffekte, wenn Gräser mit Gräsern oder Leguminosen mit Leguminosen gemischt wurden.

Wir gehen daher davon aus, dass die Diversitätseffekte bei den untersuchten Arten neben der symbiotischen N₂-Fixierung durch folgende Mechanismen zustande kamen. (1) Eine räumliche Nischentrennung für die Aufnahme von Nährstoffen und Wasser zwischen tief wurzelnden Arten wie *T. pratense* und flachwurzelnden Arten wie *T. repens* oder Gräsern (BARNARD *et al.*, subm.). (2) Eine zeitliche Nischentrennung innerhalb der Vegetationsperiode zwischen den Gräsern, die ihre höchste Biomasseproduktion im ersten Aufwuchs verzeichnen (MENZI *et al.*, 1991) und den Kleearten, die im Sommer dominieren (LÜSCHER *et al.*, 2005). (3) Eine zeitliche Nischentrennung über die Jahre zwischen den sich schnell etablierenden Arten (z.B. *T. pratense*, *L. perenne*) und den sich langsamer etablierenden aber persistenteren Arten (z.B. *T. repens*, *D. glomerata*). Diese Verschiebung über die Jahre hinweg war der Prozess, der im COST Experiment in Zürich bei der höchsten N-Stufe für das hohe transgressive Overyielding von 33% verantwortlich war, wenn der kumulierte Ertrag über drei Jahre betrachtet wurde, obwohl das transgressive Overyielding in den einzelnen Jahren deutlich kleiner war. Während in den Reinkulturen die ertragreichste Art von *T. pratense* im ersten Jahr

zu *D. glomerata* im dritten Jahr wechselte, hatten die Mischungen den Vorteil, dass sie in jedem Jahr die ertragreichste Art enthielten. So kam der oben beschriebene "Versicherungseffekt" zum Tragen, der den Ertrag der Mischungen stabilisierte. Auch in anderen Diversitätsexperimenten kann ein Wechsel der ertragreichsten Art über die Jahre hinweg beobachtet werden: in 17 Experimenten mit Langzeitdaten lag die Wahrscheinlichkeit, dass eine Art in zwei aufeinanderfolgenden Jahren jeweils die ertragreichste Reinkultur bildete, nur bei 25% (CARDINALE *et al.* 2007). (4) Neben der symbiotischen N-Fixierung kann auch eine chemische Einnischung durch präferentielle Aufnahme unterschiedlicher Stickstoffformen (Ammonium, Nitrat, organischer Stickstoff) erfolgen, wobei dieser Mechanismus vermutlich eher in stark N-limitierten Systemen eine signifikante Rolle spielt, während er in den von uns untersuchten, gut N-versorgten Böden weniger bedeutsam ist (KAHMEN *et al.*, 2006; VON FELTEN *et al.*, *subm.*).

Diese Mechanismen haben unter dem Schlagwort „Komplementäre Ressourcennutzung“ Eingang in die Diskussion um die zugrundeliegenden Ursachen von Diversitätseffekten auf Ökosystemfunktionen gefunden. Das bedeutet, dass durch die unterschiedliche Einnischung der Arten die vorhandenen Ressourcen effizienter und vollständiger genutzt werden können, als dies in Reinbeständen möglich ist. Ökologisch betrachtet heisst das, dass die innerartliche (intraspezifische) Konkurrenz höher ist als die zwischenartliche (interspezifische) Konkurrenz (SUTER *et al.*, 2007).

Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse aus sehr unterschiedlichen Studien und vielen Standorten eindrücklich, dass sehr grosse Diversitätseffekte erzielt werden können, v.a. wenn Arten und/oder Sorten für die landwirtschaftliche Nutzung gezielt ausgewählt werden, damit sie sich möglichst gut ergänzen (z.B. unterschiedliche N-Quellen, unterschiedliche Wurzelhorizonte, unterschiedliche zeitliche Wachstumsoptima innerhalb und zwischen den Jahren) (HILL, 1990; LÜSCHER und JACQUARD, 1991).

Vielfältige Vorteile der Mischungen

Neben den detailliert beschriebenen positiven Effekten der Mischungen auf den Ertrag und auf den notwendigen (geringen) Einsatz von N-Dünger konnten in diesen und anderen Experimenten weitere Vorteile von Mischungen nachgewiesen werden. Der Ertrag bleibt in der Regel in Mischungen sowohl zeitlich (HELGADOTTIR *et al.*, 2008), wie auch räumlich (WEIGELT *et al.*, 2008) stabiler als in Reinkulturen, die Einwanderung von ungesäten Arten ist in Mischungen stark reduziert (LÜSCHER *et al.*, 2008, MWANGI *et al.*, 2007; ROSCHER *et al.*, *subm.*) und die N-Verluste (Nitrat und Lachgas) können reduziert sein (FISCHER *et al.*, 2007, OELMANN *et al.*, 2007, SCHERER-LORENZEN *et al.*, 2003). Zudem weisen artenreiche Mischungen i.d.R. eine höhere Habitatqualität für andere Organismengruppen wie z.B. für Insekten auf (JOSHI *et al.*, 2004) und sind oft stabiler gegenüber Störungen wie z.B. Sommertrockenheit (KAHMEN *et al.*, 2005). Schliesslich darf bei einer agronomischen Betrachtungsweise der Aspekt der Futterqualität nicht fehlen. Erste vorläufige Analysen zeigen, dass verschiedene Aspekte der Futterqualität (Rohprotein, Rohfett, Faseranteile, Netto-Energie-Laktation) im Jena Experiment über den Diversitätsgradienten konstant bleiben und nicht etwa abnehmen (HÄMMIG, 2007, PROBST, 2007). In der an Glatthaferwiesen angepassten mittelintensiven Nutzung blieb die Futterqualität jedoch hinter derjenigen zurück, die in intensiv genutzten Klee-Grasmischungen mit *Lolium*-Arten erzielt werden kann. Dies ist begründet durch den späten ersten Schnitt und die Dominanz von Arten der Glatthaferwiese. Bei intensiver Nutzung mit frühem Schnitt konnte der Futterwert kurzfristig sogar in sehr diversen Mischungen auf ein vergleichbares Niveau gebracht werden, wie in den Klee-Grasmischungen.

Es ist wichtig festzuhalten, dass auch bei diesen Leistungen der Mischungen die Anteile der einzelnen Arten bzw. funktionellen Gruppen von entscheidender Bedeutung sind. So steigerte ein zunehmender Grasanteil in der Mischung die Aktivität der symbioti-

schen N₂-Fixierung von Einzelpflanzen der Leguminosen (ZANETTI *et al.*, 1997; NYFELER *et al.*, 2006). Die schnelle und vollständige Aufnahme von mineralischem N im Boden durch die Gräser reduziert das N-Verlustpotential mit zunehmendem Grasanteil (PALMBORG *et al.*, 2005, ROSCHER *et al.*, 2008). Die unterschiedlichen Eigenschaften der Einzelarten können sich in der Mischung folglich ideal ergänzen. Dies wird jedoch erst vollständig sichtbar, wenn auch unterschiedliche Ökosystemleistungen betrachtet werden. In einem Optimierungsprozess, der die verschiedenen Ökosystemleistungen der Mischbestände beurteilt, wird es eine Aufgabe der Zukunft sein, optimale Mischungszusammensetzungen zu definieren (z.B. optimaler Leguminosenanteil für hohe Erträge bei tiefen N-Verlusten), die auch bei klimatischen Veränderungen in der Zukunft sichere Erträge liefern.

Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen sowohl in ungedüngtem als auch in gedüngtem, landwirtschaftlich genutztem Grasland grosse Ertragsvorteile von Mischungen im Vergleich zu Reinkulturen. Dieser Effekt war über mehrere Jahre, über einen sehr grossen Bereich von Standortbedingungen und über einen grossen Bereich von Düngergaben und Schnitthäufigkeiten konsistent, was eine Verallgemeinerung zulässt:

- Schon Mischungen mit relativ wenigen, jedoch gut aufeinander abgestimmten Arten können grosse Ertragsvorteile gegenüber Reinkulturen erzielen.
- Aufgrund des Stickstoffinputs der N₂-fixierenden Leguminosen kann mit Gras-Leguminosen-Mischungen bei ausbleibender oder tiefer N-Düngung derselbe Ertrag erreicht werden wie mit hoch gedüngten Gras-Reinkulturen. Ausgeglichen zusammengesetzte Gras-Leguminosen-Mischungen haben also ein grosses Potential zur Reduktion des Einsatzes von N-Dünger ohne die Produktion zu senken.
- In Gras-Leguminosen-Mischungen bewirken die Gräser durch ihre N-Aufnahme eine Steigerung der N₂-Fixierung der Leguminosen und eine Reduktion des N-Verlust-Potentials über Nitrat und Lachgas.
- Die Ertragsvorteile der Mischungen ohne Leguminosen gegenüber den Reinkulturen wie auch die Ertragsvorteile der Gras-Leguminosen-Mischungen bei hoher N-Düngung belegen, dass neben der N₂-Fixierung noch andere Mechanismen für die Diversitätseffekte verantwortlich sind.
- Mischbestände sind deutlich resistenter gegen die Einwanderung von ungesäten Arten.
- Das Ausmass der Diversitätseffekte steigt mit zunehmender Artenzahl und mit grösserer Ausgeglichenheit der Artanteile in der Mischung (Evenness).

Um die Diversitätseffekte in Zukunft optimal nutzen zu können, steht die Forschung vor zwei grossen Herausforderungen: Erstens, die Prozesse auf denen die Diversitätseffekte basieren zu verstehen und zweitens Mischungen mit sich ideal ergänzenden Arten (und Sorten) weiter zu entwickeln, die auch bei intensiver Nutzung und unter Bedingungen des Klimawandels langfristig divers bleiben und verschiedene Ökosystemleistungen optimieren.

Literatur

- BALVANERA, P., PFISTERER, A.B., BUCHMANN, N., HE, J.-S., NAKASHIZUKA, T., RAFFAELLI, D. & SCHMID, B. (2006): Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9, 1146-1156.
- BARNARD, R., de BELLO, F., GILGEN, A.K., HABEKOST, M., GLEIXNER, G., WEIGELT, A., SIEGWOLF, R.T.W., SCHERER-LORENZEN, M. & BUCHMANN, N. (subm.): First indications of a diversity effect on plant source water. *Ecology*.

- BOLLER, B.C. und NÖSBERGER, J. (1987): Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ^{15}N -fertilization. *Plant and Soil* 104, 219-226.
- CARDINALE, B.J., WRIGHT, J.P., CADOTTE, M.W., CARROLL, I.T., HECTOR, A., SRIVASTAVA, D.S., LOREAU, M. & WEIS, J.J. (2007): Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104(46), 18123-18128.
- FISCHER, C., JOCHER, M., NYFELER, D. & NEFTEL, A. (2007): N_2O exchanges over different grass-clover mixtures. *Proceedings of the final meeting COST 852 quality legume-based forage systems for contrasting environments*, 30th August - 3rd September 2006, Gumpenstein, Austria, 57-60.
- FRANKOW-LINDBERG, B. (2005): Forage legumes in Sweden. In: Frankow-Lindberg, B.E., Collins, R.P., Lüscher, A., Sébastia, M.T. und Helgadottir, A. (eds.) *Adaptation and Management of Forage legumes – Strategies for Improved Reliability in Mixed Swards*. SLU Service/Repro, Uppsala, Sweden, 13-20.
- FREY, E. (1955): Neue Standardmischungen für den Futterbau. *Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft* 3(9), 129-142.
- GRIME, J.P. (2001): *Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties.*, 2 edn. Wiley, New York.
- HÄMMIG, A. (2007): Auswirkungen von Änderungen der Bewirtschaftung und Phytodiversität auf Faser- und Proteingehalte von Futterpflanzen. Diplomarbeit ETH Zürich.
- HECTOR, A. und BAGCHI, R. (2007): Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature* 446, 188-190.
- HECTOR, A. und HOOPER, R. (2002): Ecology – Darwin and the first ecological experiment. *Science* 295, 639–640.
- HELGADOTTIR, A., CONNOLLY, J., COLLINS, R., FOTHERGILL, M., KREUZER, M., LÜSCHER, A., PORQUEDDU, C., SEBASTIA, M.T., WACHENDORF, M., BROPHY, C., FINN, J.A., KIRWAN, L. & NYFELER, D. (2008): The benefits of sward diversity for cultivated grasslands. *Grassland Science in Europe* 13, 39-51.
- HILL, J. (1990): The 3 Cs – competition, coexistence and coevolution – and their impact on the breeding of forage crop mixtures. *Theoretical and Applied Genetics* 79, 168-176.
- JOSHI, J., OTWAY, S.J., KORICHEVA, J., PFISTERER, A.B., ALPHEI, J., ROY, B.A., SCHERER-LORENZEN, M., SCHMID, B., SPEHN, E. & HECTOR, A. (2004): Bottom-up effects and feedbacks in simple and diverse experimental grassland communities. Insects and ecosystem function (eds Weisser, W.W. und Siemann, E.), pp. 115-134. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- KAHMEN, A., PERNER, J. & BUCHMANN, N. (2005): Diversity-dependent productivity in semi-natural grasslands following climate perturbations. *Functional Ecology* 19, 594–601.
- KAHMEN, A., RENKER, C., UNSICKER, S. & BUCHMANN, N. (2006): Niche complementarity for nitrogen use in grasslands - an explanation for the biodiversity and ecosystem functioning relationship in grasslands? *Ecology* 87, 1244–1255.
- KESSLER, W. und SUTER, D. (2005): The role of grass-clover mixtures in Swiss agriculture. In: Frankow-Lindberg, B.E., Collins, R.P., Lüscher, A., Sébastia, M.T. und Helgadottir, A. (eds.) *Adaptation and Management of Forage legumes – Strategies for Improved Reliability in Mixed Swards*. SLU Service/Repro, Uppsala, Sweden, 176-182.
- KIRWAN, L., LÜSCHER, A., SEBASTIA, M.T., FINN, J.A., COLLINS, R.P., PORQUEDDU, C., HELGADOTTIR, A., BAADSHAUG, O.H., BROPHY, C., CORAN, C., DALMANNSDÓTTIR, S., DELGADO, I., ELGERSMA, A., FOTHERGILL, M., FRANKOW-LINDBERG, B.E., GOLINSKI, P., GRIEU, P., GUSTAVSSON, A.M., HÖGLIND, M., HUGUENIN-ÉLIE, O., ILIADIS, C., JØRGENSEN, M., KADZIULIENE, Z., KARYOTIS, T., LUNNAN, T., MALENGIER, M., MALTONI, S., MEYER, V., NYFELER, D., NYKÄNEN-KURKI, P., PARENTE, J., SMIT, H.J., THUMM, U. & CONNOLLY, J. (2007): Evenness drives consistent diversity effects in an intensive grassland system across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95, 530-539.
- LAMBERS, H. und POORTER, H. (1992): Inherent Variation in Growth-Rate between Higher-Plants - a Search for Physiological Causes and Ecological Consequences. *Advances in Ecological Research*, 23, 187-261.
- LÜSCHER, A. und JACQUARD, P. (1991): Coevolution between interspecific plant competitors? *Trends in Ecology and Evolution* 6, 355-358.
- LÜSCHER, A., CONNOLLY, J. & JACQUARD, P. (1992): Neighbor specificity between *Lolium perenne* and *Trifolium repens* from a natural pasture. *Oecologia* 91, 404-409.

- LÜSCHER, A., FINN, J.A., CONNOLLY, J., SEBASTIÀ, M.T., COLLINS, R., FOTHERGILL, M., PORQUEDDU, C., BROPHY, C., HUGUENIN-ELIE, O., KIRWAN, L., NYFELER, D. & HELGADOTTIR, A. (2008): Benefits of sward diversity for agricultural grasslands. *Biodiversity* 9, 29-32.
- LÜSCHER, A., FUHRER, J. & NEWTON, P.C.D. (2005): Global atmospheric change and its effect on managed grassland systems. In *Grassland: A global resource*. (ed. McGilloway, D.), pp. 251-64. Wageningen Academic, Wageningen.
- MARQUARD, E., WEIGELT, A., TEMPERTON, V.M., ROSCHER, C., SCHUMACHER, J., BUCHMANN, N., FISCHER, M., WEISSER, W.W. & SCHMID, B. (SUBM.): Plant species richness and functional composition drive overyielding in a 6-year grassland experiment. *Ecological Monographs*.
- MENZI, H., BLUM, H., NÖSBERGER, J. (1991): Relationship between climatic factors and the dry-matter production of swards of different composition at 2 altitudes. *Grass and Forage Science* 46, 223-230.
- MWANGI, P.N., SCHMITZ, M., SCHERBER, C., ROSCHER, C., SCHUMACHER, J., SCHERER-LORENZEN, M., WEISSER, W.W. & SCHMID, B. (2007): Niche pre-emption increases with species richness in experimental plant communities. *Journal of Ecology* 95, 65-78.
- NYFELER, D., HUGUENIN-ELIE, O., SUTER, M., FROSSARD, E. & LÜSCHER, A. (2006): Regulation of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Grassland Science in Europe* 11, 246-248.
- NYFELER, D., HUGUENIN-ELIE, O., SUTER, M., FROSSARD, E. & LÜSCHER, A. (2008): Well-balanced grass-legume mixtures with low nitrogen fertilization can be as productive as highly fertilized grass monocultures. *Grassland Science in Europe* 13, 197-199.
- OELMANN, Y., WILCKE, W., TEMPERTON, V.M., BUCHMANN, N., ROSCHER, C., SCHUMACHER, J., SCHULZE, E.D. & WEISSER, W.W. (2007): Soil and plant nitrogen pools as related to plant diversity in an experimental grassland. *Soil Science Society of America Journal* 71, 720-729.
- PALMBORG, C., SCHERER-LORENZEN, M., JUMPPONEN, A., CARLSSON, G., HUSS-DANELL, K. & HÖGBERG, P. (2005): Inorganic soil nitrogen under grassland plant communities of different species composition and diversity. *Oikos* 110, 271-282.
- PROBST, S. (2007): Futterwert von Wiesenfutter aus Beständen unterschiedlicher pflanzlicher Diversität und Managementintensität. Diplomarbeit, ETH Zürich.
- ROSCHER, C., SCHUMACHER, J., BAADE, J., WILCKE, W., GLEIXNER, G., WEISSER, W.W., SCHMID, B. & SCHULZE, E.D. (2004): The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. *Basic and Applied Ecology* 5, 107-121.
- ROSCHER, C., SCHUMACHER, J., WEISSER, W.W., SCHMID, B. & SCHULZE, E.D. (2007): Detecting the role of individual species for overyielding in experimental grassland communities composed of potentially dominant species. *Oecologia* 154, 535-549.
- ROSCHER, C., TEMPERTON, V.M., BUCHMANN, N. & SCHULZE, E.D. (subm.): How plant invasion affects community assembly and aboveground biomass production in grasslands sown with different diversity. *Acta Oecologica*.
- ROSCHER, C., TEMPERTON, V.M., SCHERER-LORENZEN, M., SCHMITZ, M., SCHUMACHER, J., SCHMID, B., BUCHMANN, N., WEISSER, W.W. & SCHULZE, E.D. (2005): Overyielding in experimental grassland communities – irrespective of species pool or spatial scale. *Ecology Letters* 8, 419-429.
- ROSCHER, C., THEIN, S., SCHMID, B. & SCHERER-LORENZEN, M. (2008): Complementary nitrogen use among potentially dominant species in a biodiversity experiment varies between two years. *Journal of Ecology* 96, 477–488.
- SANDERSON, M.A., SKINNER, R.H., BARKER, D.J., EDWARDS, G.R., TRACY, B.F. & WEDIN, D.A. (2004): Plant species diversity and management of temperate forage and grazing land ecosystems. *Crop Science* 44, 1132-1144.
- SCHERER-LORENZEN, M., PALMBORG, C., PRINZ, A. & SCHULZE, E.D. (2003): The role of plant diversity and composition for nitrate leaching in grasslands. *Ecology* 84, 1539-1552.
- SCHMITZ, M., MWANGI, P., SCHERER-LORENZEN, M., WEISSER, W.W. & SCHMID, B. (in prep.): Density and evenness effects on biodiversity–ecosystem functioning relationships.
- SUTER, M., RAMSEIER, D., GUESEWELL, S. & CONNOLLY, J. (2007): Convergence patterns and multiple species interactions in a designed plant mixture of five species. *Oecologia* 151, 499-511.
- TRENBATH, B.R. (1974): Biomass productivity of mixtures. *Advances in Agronomy*, 26, 177-210.
- VAN RUIJVEN, J. und BERENDSE, F. (2005): Diversity-productivity relationships: Initial effects, long-term patterns, and underlying mechanisms. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 695-700.

Hauptreferate

- VON FELTEN, S., BUCHMANN, N., HECTOR, A., NIKLAUS, P.A., SCHMID, B. & SCHERER-LORENZEN, M. (subm.): Belowground nitrogen partitioning in experimental grassland plant communities of varying species richness. *Ecology*.
- WEIGELT, A., SCHUMACHER, J., ROSCHER, C. & SCHMID, B. (2008): Does biodiversity increase spatial stability in plant community biomass? *Ecology Letters*.
- WEIGELT, A., WEISSER, W.W. & SCHERER-LORENZEN, M. (subm.): Biodiversity and multifunctional agriculture: equal productivity in high diversity low-input and low diversity, high-input grasslands. *Ecological Applications*.
- ZANETTI, S., HARTWIG, U.A., VAN KESSEL, C., LÜSCHER, A., HEBEISEN, T., FREHNER, M., FISCHER, B.U., HENDREY, G.R., BLUM, H. & NÖSBERGER, J. (1997): Does nitrogen nutrition restrict the CO₂ response of fertile grassland lacking legumes? *Oecologia* 112, 17-25.

Verwertung, Verluste und Optimierung beim Einsatz des Futters vom Grünland

M. Kreuzer

ETH-Zürich, Departement Agrar- und Lebensmittelwissenschaften, Tierernährung, Universitätstraße 2, CH-8092 Zürich; Email: michael.kreuzer@inw.agrl.ethz.ch

Einleitung

Die Steigerung der Verwertung bzw. die Verminderung der Verluste beim Einsatz des Futters vom Grünland an landwirtschaftlich genutzte Wiederkäuer stellt eine Schlüsselgröße zur effizienten Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischherzeugung dar. Im vorliegenden Beitrag werden Grundlagen dazu vorgestellt und daraus einige Empfehlungen abgeleitet. Die Verlustarten im Tier umfassen vor allem Stickstoff (N) und Energie, wobei eine der Energieverlustquellen, das Methan, weitaus größere Bedeutung als potentes Treibhausgas hat (23-faches Potential im Vergleich zu Kohlendioxid) denn als Energieverlustquelle. Spätestens seit die FAO die Treibhausgaswirkung der Wiederkäuer dem Verkehr gegenübergestellt hat (Steinfeld et al., 2006), ist dies heftigst in Diskussion. Die Verluste im und um das Tier lassen sich zwar nicht grundsätzlich verhindern, aber doch minimieren. Die Auswirkungen unnötiger N-Verluste haben zwei Komponenten: generell tragen sie zu einer Belastung der Nutzflächen bei und fördern langfristig die Auswaschung von N-Verbindungen. Im speziellen sind aber einige N-Verbindungen, nämlich diejenigen, die im Urin der Tiere vorkommen, besonders leicht flüchtig. Sie können nach Umwandlung durch Mikroorganismen in Wirtschaftsdünger und Boden entweder in gasförmiger (als Ammoniak und Stickoxide) oder flüssiger Form (Nitrat) unerwünschte Emissionen verursachen. Die Minderung vor allem der gasförmigen N-Emissionen ist ein aktuelles Ziel, und einige Länder haben bereits auf politischer Ebene Lösungen verlangt (Niederlande) oder sind dabei (EU und Schweiz). Bei Weideführung mehr als bei den anderen Fütterungsweisen sind die Emissionen der Stickoxide (230-fach höheres Treibhausgaspotenzial als Kohlendioxid) von den Harnflecken ein Problem (van den Pol-van Dasselaar et al., 2008), dem man z.B. in Neuseeland zunehmend mit der Ausbringung eines Nitrifikationshemmers (Dicyanamid; z.B. Smith et al., 2008) zu Leibe rückt. Es ist klar, dass eine Fütterung, welche die N-Konzentration im Harn und auch die Harn-N-Menge steigert, wie es bei Fütterung zu hoher N-Mengen der Fall ist, hier besonders ungünstig ist. Auf weitere Verlustarten wie z.B. die Ausscheidung von Spurenelementen und Schwermetallen soll in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden. Futter vom Grünland stellt eine der natürlichsten Formen der Fütterung des Wiederkäuers dar. Durch jahrzehntelange Selektion der Tiere ist es trotz gleichzeitiger intensiver Weiterentwicklung der Futterpflanzen allerdings nicht ganz gelungen, mit dem steigenden Bedarf der Tiere an Energie und nutzbarem Rohprotein Schritt mit der gestiegenen Milchbildung und dem Wachstum der Tiere zu halten. Mögliche Lösungsansätze für dieses Dilemma zu beschreiben, ist ebenfalls ein Anliegen des vorliegenden Beitrags.

Stickstoff: Verlustursachen und Verwertungssteigerung

Der Bedarf des Wiederkäuers an stickstoffhaltigen Verbindungen ist komplex zusammengesetzt. Im Stoffwechsel hat der Wiederkäuer weder einen Bedarf an Stickstoff („Rohprotein“) noch an Protein als solchem, sondern lediglich an Aminosäuren. Im Zuge der laufenden Verfeinerung der Bedarfsnormen hat man dem mehr oder weniger Rechnung getragen. Während in Frankreich alle Rationen nach der Menge an stoffwechselverfügbaren Aminosäuren bewertet werden, ist man in Deutschland, Österreich und in der Schweiz immer noch beim nutzbaren Rohprotein (nXP) bzw. beim absorbierbaren Protein am Darm (APD). Dennoch wird für Rationen, bei denen ein Defizit an bestimmten Aminosäuren erwartet wird, auch dieses gelegentlich berechnet und balanciert. Im Pansen selbst hat der Wiederkäuer dagegen zudem einen Bedarf an Stickstoff aus pansenabbaubaren Verbindungen. Dies erklärt sich daraus, dass die Mikroorganismen ihr Protein in der Regel aus Ammoniak und Kohlenstoffskeletten aufbauen. Damit kein unbeabsichtigter Mangel an pansenabbaubaren N-Verbindungen auftritt, wurden in den Bedarfsnormensystemen neue Größen eingeführt (ruminale N-Bilanz, APDN). Welche Bedeutung haben diese Besonderheiten der Wiederkäuerphysiologie für das Futter vom Grünland? Anders als unter tropischen Verhältnissen (Hess et al., 2003b) wird das Futter vom Grünland im europäischen Raum in der Regel nicht limitiert im Gehalt an pansenabbaubaren N-Verbindungen sein, mit Ausnahme vielleicht eines sehr extensiv erzeugten, spät geschnittenen Futters. Das Futter ist im Gegenteil meist reich bis überreich an pansenabbaubaren N-Verbindungen. Ist der Bedarf der Mikroben an solchem Stickstoff gedeckt, fungiert der Rest als Überschuss und trägt zu den Verlusten des Tieres bei. Dabei sind auch grundsätzlich wertvolle Pflanzeiweiße betroffen. Weil diese aber im Grünfutter und in den Grünfutterkonserven (mit Ausnahme derjenigen aus der Heisslufttrocknung) mikrobeverfügbar sind, werden sie zu einem sehr großen Anteil zu Ammoniak abgebaut. Dies führt zu der paradox erscheinenden, für das Futter vom Grünland typischen Situation, dass die Tiere trotz (zu) hohem Rohproteingehalt an nXP-Mangel leiden können. Der Landwirt kann nun auf zweierlei Weise reagieren: den nXP-Mangel durch einen noch höheren N-Überschuss kompensieren oder Futter mit höherem Gehalt an fermentierbarer organischer Substanz (FOS) erzeugen, welches die Bildung von Mikrobenprotein spezifisch fördert. In letzterem Fall kann der Rohproteingehalt des Futters relativ stark reduziert werden. Für das Tier gilt im Übrigen dieselbe Aussage, welche Watson und Wachendorf (2008) für gesamte Landwirtschaftssysteme traf: ein niedriger N-Überschuss zeigt eine hohe N-Effizienz an.

In der gegenwärtigen Situation mit Hochleistungsgräsern und -leguminosen, angestrebtem hohem Ertragsniveau und sehr früher Nutzung (extrem früh bei Kurzrasenweide) erhält man zwar Futter mit hoher Verdaulichkeit und damit hohem FOS-Gehalt, aber mit gleichzeitig überproportional erhöhtem Rohproteingehalt. Der alleinige Einsatz eines solchen Futters fördert die N-Verluste durch das Tier. Zuviel aufgenommenes und im Pansen abgebautes Rohprotein geht praktisch zur Gänze als Harn-N und damit als leichtflüchtige N-Verbindungen verloren. Wie effizient es wäre, im Sinne der Emissionsminderung und damit der N-Effizienzsteigerung Futter vom Grünland mit deutlich niedrigerem Rohproteingehalt zu verfüttern, zeigt Tabelle 1, wobei der Vergleich mit anderen Rationstypen belegt, dass dies in erster Linie ein Effekt des Rohproteingehalt im Futter und nicht des Futtertyps ist (Futter vom Grünland gegenüber anderen Futtermitteln). Zudem wird ersichtlich, dass größere Unterschiede in den N-Verlusten zwischen den zwei gebräuchlichsten Wirtschaftsdüngerlagerformen jeweils wieder zu finden sind.

Tab. 1: Gasförmige N-Emissionen (% des Ausgangs-N) bei der 7-wöchigen Lagerung des Wirtschaftsdüngers von unterschiedlich gefütterten Kühen (nach Külling et al., 2001 und 2003)

Experiment	Ration	Vollgülle	Mist & Jauche
1	Gras, 21,3% XP	26,4	34,0
	Gras, 11,3% XP	17,1 (-35%)	18,3 (-46%)
2	Silage-Kraftfutter, 17,5% XP	23,7	34,9
	Silage-Kraftfutter, 14,7% XP	18,0 (-24%)	28,1 (-19%)
	Silage-Kraftfutter, 12,4% XP	10,7 (-55%)	15,7 (-55%)

Es stellt sich die Frage, ob sich die N-Verwertung durch den vermehrten Einsatz von Futterleguminosen steigern lässt. Eine Kombination von Futtergräsern und -leguminosen im Anbau erwies sich als vorteilhaft für den Ertrag (Helgadottir et al., 2008; Lüscher et al., 2008), und gleichzeitig lässt sich mit dieser Strategie der notwendige Einsatz an fossiler Energie vermindern, die bei der Herstellung von Mineral-N-Dünger verbraucht wird. Im Sinne der N-Verwertungssteigerung im Tier erwies sich die Verfütterung von Weißklee und Rotklee zu Weidelgras jedoch als enttäuschend (van Dorland et al., 2007), dies wohl insbesondere, weil das Leguminosenprotein mindestens so hoch pansenabbaubar ist wie dasjenige des Grases (Givens and Rulquin, 2004). Für praktische Verhältnisse erschwerend kommt noch hinzu, dass das Gras, anderes als in der genannten Studie von van Dorland et al. (2007), häufig sogar noch deutlich geringere Rohproteingehalte aufweisen wird als die Leguminosen.

Im Falle eines Aufenthalts auf einer höher gelegenen Alp ist die N-Verwertung durch Milchkühe gegenüber dem Tal bei vergleichbarem Rohproteingehalt des Weidefutters noch ungünstiger. Hier ist es das Tier, das dafür verantwortlich ist, welches aufgrund der Umstände (sauerstoffarme Luft, raues Klima, unebenes Gelände) einen gewissen Einbruch in der Milchleistung erfährt, der über das Weniger an Milchprotein-N bei gleichem N-Verzehr zu deutlich geringeren N-Verwertungsfaktoren führt (Christen et al., 1996). Dennoch bleibt die N-Verwertung für Milchbildung selbst in hohen Lagen sehr deutlich über derjenigen für Muskelfleischansatz von geweideten oder auf Basis von, ausschließlich mit Grünfuttermitteln gefütterten Tiere. Für gealpte Tiere wurde dies in Gotsch et al. (2004) zusammengestellt. Demnach beträgt die N-Verwertung bei Weidemast nur ein Drittel oder weniger als bei der Milcherzeugung, und wenn als Bezugsgröße essbares Protein (Milchprotein, Fleischprotein) gewählt wird, sinkt die Verwertung für die Mast noch einmal um 40%. Tabelle 2 zeigt auch sehr deutlich, dass der N-reichere zweite Aufwuchs schlechter als der N-ärmere erste Aufwuchs verwertet wurde, was vom Rohprotein her allerdings ein Alp spezifisches Phänomen gewesen sein dürfte.

Tab. 2: N-Verwertung (Milch-N oder N in den Zunahmen in % der N-Aufnahme) von verschiedenen Nutztierkategorien auf einer hochgelegenen, intensiv bewirtschafteten Alp und auf einer extensiv bewirtschafteten Alp (adaptiert nach Gotsch et al., 2004)

Nutztierkategorie	Aufwuchs	N-Aufnahme (g/Tag)	Harn-N (g/Tag)	N-Verwertung (%)
Milchkühe	1. früh	328	164	32
	1. spät	385	150	23
	2. früh	550	272	16
Mutterkühe & Kälber (Angus)	1. mittel	370	184	9
	2. früh	517	308	5
Mutterkühe & Kälber (Scottish Highland)	intensive Alp	333	203	6
	extensive Alp	280	145	6

Abgesehen von der Erzeugung von N-armen Grünfütter oder Grünfütterkonserven durch Minimierung oder Verzicht auf die mineralische N-Düngung, verbunden mit massiven Ertragseinbußen (Hoppe et al., 1996), lässt sich eine deutliche Steigerung der N-Verwertung durch Milchkühe und Mastrinder vor allem durch Ergänzungsfütterung zu Weide, Grassilage und/oder Heufütterung erzielen. Da, wie oben ausgeführt, vor allem ein Mangel an FOS die Ursache des Problems ist, wären dort Getreide, Maissilage (Valk, 1994), Zuckerrübenschnitzel o.ä. von Interesse. Berry et al. (2001) konnte die N-Verwertung (% Milch-N am aufgenommenen Futter-N) von gealpten Kühen mit 4 kg einer Mischung aus Mais und Weizenstärke, also einem sehr N-armen Beifütter, von 23% auf 35% steigern. Neben den Kosten ist ein Problem einer solchen Beifütterung aber die Grundfütterverdrängung, die in dem genannten Beispiel (Berry et al., 2001) besonders hoch war. Sehr interessant könnten auch „zucker“-reiche Gräserarten sein, wenn sie einen ausreichend hohen Ertrag haben und am besten noch N-limitiert sind. Unter anderen setzt das Institute of Grassland and Environmental Research in Wales stark auf eine solche Strategie (vgl. z.B. Western Livestock Journal, Ausgabe vom 13.11.2006). Tannine in Futtermitteln können Futterproteine unter den pH-Bedingungen des Pansens so binden, dass dieses Eiweiß nicht abgebaut wird. Im sauren Bereich des Labmagens lösen sich diese Bindungen wieder. Aus diesem Grund führt der Einsatz von tanninhaltigen Futterpflanzen (Scharenberg et al., 2007) und von zugegebenen Tanninextrakten zu einer Umverteilung vom Harn-N zum Kot-N. Dies senkte das N-Emissionsrisiko, verbesserte aber in den genannten Studien dagegen die N-Verwertung im Tier kaum, obwohl es auch Hinweise auf eine bessere Aminosäurenversorgung im Stoffwechsel so gefütterter Wiederkäuer gibt (Waghorn et al., 1994; Scharenberg et al., 2007). Beispiele für tanninhaltige Futterpflanzen, die auch in Mitteleuropa gedeihen, sind Esparsette und Hornklee. Beide haben allerdings ein begrenztes Ertragspotenzial. Neben Tanninextrakten sind auch saponinhaltige Extrakte, wenn auch auf komplexere Weise, in der Lage, die Bildung von Ammoniak aus dem Futterprotein und damit den Harn-N zu senken (vgl. z.B. Wang et al., 1997).

Schließlich ist noch die strategische Supplementierung von den, die Leistung limitierenden Aminosäuren in pansengeschützter Form entweder als reine Aminosäuren oder als Protein eine interessante Möglichkeit zur Steigerung von Leistung und N-Verwertung bei Rationen mit schon eher geringem Rohproteingehalt (Kröber et al., 2000). Diese Strategie, bei der es an sich wenig Menge an Supplementierung braucht, reduziert gleichzeitig die gasförmigen Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger, wirkt aber nur, wenn wirklich die Aminosäuren und nicht z.B. die Energie limitierend sind (vgl. Berry et al., 2001). Zuviel verabreichte Aminosäuren werden nämlich, selbst wenn sie im Stoffwechsel ankommen, ebenfalls zu Harn-N abgebaut.

Ein wertvolles, bislang wenig genutztes Hilfskriterium zur Abschätzung von N-Effizienz und potentiellen N-Emissionen von Kühen ist mit dem fast flächendeckend erhobenen Milchharnstoffgehalt gegeben, da dieser eng mit der Harn-N-Ausscheidung korreliert (Kröber et al., 2000; van Duinkerken et al., 2005).

Energie und Methan: Verlustursachen und Verwertungssteigerung

Die Energieverwertung im Stoffwechsel von Wiederkäuern verläuft parallel zur Verdaulichkeit des Futters. Dies bedeutet, dass ein höher verdauliches Grundfütter nicht nur mehr energiehaltige Bausteine in den Stoffwechsel schleust, sondern diese auch noch besser verwertet werden können. Der Futterbauforschung ist dieser Zusammenhang seit langem bekannt, so dass man inzwischen in Kunstwiesen bei einem Stadium der Qualität angelangt ist, wo in jungem Stadium in der Energiekonzentration die Grenze zum Kraftfütter erreicht ist. Studien der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztier (ALP) in der Schweiz haben zwar etwas Entwarnung gegeben, in dem eine reine Grünfütterung solcher Bestände doch nur an den Rand der Pansenacidose führt und sie wohl selten auslöst (Graf et al., 2005), aber zunehmende Vorsicht ist dennoch an-

gesagt, insbesondere bei einer sehr frühen Nutzung der Bestände. Andererseits gibt es eine Reihe von Arten und Sorten an Futterpflanzen, bei denen eine bessere Energieverwertung durch strategische Steigerung der Verdaulichkeit durchaus noch möglich wäre. Zu beachten ist, dass dabei parallel auf nicht allzu hohe N-Gehalte zu achten ist, denn selbst die Entsorgung dieses N-Überschusses über Leber und Niere kostet extra Energie.

Eine Reihe von frühen Studien zur Methansenkung hatte die Reduzierung des damit verbundenen Energieverlustes zum Ziel; dies lange bevor erkannt wurde, dass Methan ein wichtiges Treibhausgas ist. Inzwischen hat sich das Bild gewandelt. Man nimmt sogar eine etwas schlechtere Energieverwertung der Tiere in Kauf, z.B. durch eine leichte Beeinträchtigung der Verdaulichkeit, wenn nur der Methanausstoß wirklich gesenkt wird. Es gibt eine Reihe von Übersichtsarbeiten, die zur Methansenkung entweder voll auf Leistungssteigerung setzen, um damit die Emissionen je Einheit Milch oder Fleisch zu senken (z.B. Flachowsky und Brade, 2007), oder die eher auf direkte Effekte setzen (zusammengefasst in Kreuzer und Soliva, 2008). Der erste Ansatz ist für eine grundfutterbetonte Fütterung nicht geeignet (ausser wenn eine unnötig schlechte Leistung gesteigert wird), aber er ist auch in einer Gesamtanalyse dann fragwürdig, wenn wegen des Fokus auf Hochleistung bei der Milch die Langlebigkeit der Tiere sinkt, anteilmäßig mehr Aufzuchtrinder gebraucht werden und zur Deckung des Fleischbedarfs zunehmend auf extensiv gemästete Kälber aus Mutterkuhhaltung gesetzt werden muss (vgl. Berechnungen von Rosenberger et al., 2004; in deren Berechnung wurde allerdings das höhere relative Methanbildungsniveau von Zweinutzungsrindern gegenüber reinen Milchrasen nicht einbezogen). In eine ähnliche Richtung gehen Bestrebungen, eine Methansenkung zu erreichen, indem man Graswachstum und -nutzung durch Modellierung optimiert (z.B. Alcock und Hegarty, 2006). Durch die höhere Verdaulichkeit des Futters sinkt zwar proportional der Anteil der Energieverluste aus dem Methan, aber die Wahrscheinlichkeit ist groß, dass das höhere Nährstoffangebot der Weide durch eine höhere Tierdichte kompensiert wird und insgesamt eher mehr Methan je Hektar freigesetzt wird.

Grundsätzlich ist ja das Futter vom Grünland im Verruf, zu besonders hohen Methanemissionen zu führen. Dies liegt daran, dass es reich an fermentierbarer Faser ist und Faserkohlenhydrate ein höheres Methanbildungspotenzial als Stärke und Zucker haben. Dies ist der Grund warum häufig als erste und effizienteste Maßnahme auf die Steigerung des Krafftutteranteils in der Ration hingewiesen wird. Davon abgesehen, dass hier zunächst auch eine Gesamttreibhausgasbilanz mit Einbezug der vermehrten fossilen Energie zur Bereitstellung der Krafftutterkomponenten zu erstellen wäre, ist der Zusammenhang aber nicht linear. Das IPCC (2006) geht sogar so weit, dass nur zwischen Rationen mit mehr oder weniger als 90% Krafftutter für Wiederkäuer unterschieden wird, also Rationen, wie sie in Mitteleuropa kaum zu finden sind. Dennoch vermindert sich die Emission je Einheit FOS oder NEL etwas mit zunehmendem Krafftuttereinsatz, jedoch erfolgt eine teilweise Kompensation dieses Rückgangs durch eine vermehrte Methanemission aus der mit dem Einsatz von Krafftutter erzeugten Gülle (Tab. 3).

Tab. 3: Methanemissionen (Liter pro kg T-Aufnahme) von Milchkühen mit einer Leistung von 20 kg Milch/Tag und aus ihrer 14 Wochen lang gelagerten Gülle bei Einsatz einer gemischten Ration (Grundfutter mittlerer Qualität:Krafftutter, 1:1) oder einer reinen Grundfutterration (hohe Grundfutterqualität) (nach Hindrichsen et al., 2006)

Grundfutter: Krafftutter	1:1	1:0
Methanemission der Kuh	29,6	36,2
Methan aus der Gülle*	4,5	2,5
Methan gesamt	34,1	38,7

*Methanwert bezogen auf die täglich von der Kuh ausgeschiedene Exkrementmenge, welche dann 14 Wochen gelagert wurde

Der Grünlandnutzungstyp (Van den Pol-van Dasselaar et al., 2008) wie auch der Einsatz von Futterleguminosen zu Gras (van Dorland et al., 2007) scheinen keine wesentlichen Auswirkungen auf die Methanemissionen zu haben. Wie zur Steigerung der N-Effizienz könnte aber die Supplementierung von Weidetieren bzw. von Tieren, die vor allem auf Basis des Futters vom Grünland versorgt werden, nützlich sein. Mit Pflanzen oder Extrakten, welche durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe gekennzeichnet sind, könnte somit sogar ein Ko-Benefit mit der N-Emissionsminderung erreicht werden, weil sich dieselben Substanzengruppen als wirksam erwiesen haben. Für tanninhaltige Futterleguminosen wurde dies erstmals von Woodward et al. (2001) aufgezeigt, für Tanninextrakte von Carulla et al. (2005) und für saponinreiche Futterpflanzen von Hess et al. (2003a, 2004) zuerst in vitro und dann in vivo. Allerdings ist eine Methan senkende Wirkung nicht in jedem Fall gegeben und es sind jeweils relativ hohe Dosierungen nötig. Kreuzer und Soliva (2008) fassten weitere, Erfolg versprechende Supplementierungsmaßnahmen zur Methansenkung zusammen.

Schlussfolgerungen zum optimalen Einsatz des Futters vom Grünland

Zur Steigerung der N-Verwertung und zur Methansenkung beim Wiederkäuer im Falle eines vorwiegenden Einsatzes des Futters vom Grünland stehen somit eine Reihe von Möglichkeiten offen, welche allerdings ökonomisch erst dann interessant werden, wenn der dabei wahrscheinlich entstehende Einkommensverlust direkt oder indirekt ausgeglichen wird. Dies kann z.B. darin bestehen, dass Anreize geschaffen werden, besonders emissionsarm zu füttern, oder auch dass eine emissionssträchtige Tierhaltung besteuert wird (vgl. Vorbereitung einer Methansteuer in Neuseeland). Im Sinne der Optimierung von N-Verwertung und Methansenkung besonders interessant sind gegenwärtig wohl bestimmte natürliche, in geringen Mengen im Futter wirksame Substanzen, wie sie auch in Grünfütterpflanzen für gemäßigte Klimate vorkommen. Weitere Studien müssten allerdings vor allem Kosten-Nutzenrechnungen einschließen. Die Weidebefütterung zum Energieausgleich ist sicherlich die effizienteste Maßnahme zur spezifischen Steigerung der N-Verwertung in Milch- und Fleischerzeugung. Welchen letztendlichen Effekt zuckerreichere Gräserarten haben werden, ist noch unklar.

Auch der Genotyp des Tieres darf bei Effizienzüberlegungen nicht ausser Acht gelassen werden. Bei vorwiegendem Einsatz des Futters vom Grünland weisen zwar Kühe mit unangepasst hoher Leistung theoretisch eine hohe N- und Energieverwertung auf, aber da ihr Bedarf nicht gedeckt ist, sind Gesundheit und Langlebigkeit dieser Tiere nicht gewährleistet und die Gesamtbilanz einschließlich möglichen Leistungseinbrüchen durch Krankheiten und vermehrter Remontierung fällt eher schlechter aus. Um den Gedanken aus der Einleitung noch einmal aufzugreifen, ist es also am Erfolg versprechendsten, die Genetik der Tiere dem Leistungsvermögen des Grünlands anzupassen (Thomet und Kunz, 2008). Die Möglichkeit der Selektion von Kuhgenotypen mit besonders niedrigen Methan- und N-Emissionen bei unveränderter Fütterung wird zur Zeit in Ozeanien intensiv erforscht, eigene Studien dazu fielen aber eher ernüchternd aus (Münger und Kreuzer, 2008).

Literatur

ALCOCK, D. & HEGARTY, R.S. (2006): Effects of pasture improvement on productivity, gross margin and methane emissions of a grazing sheep enterprise. In: Soliva, C.R., Takahashi, J. & Kreuzer, M. (eds.): Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. Elsevier International Congress Series 1293, Amsterdam, The Netherlands, 103-105.

- BERRY, N.R., JEWELL, P.L., SUTTER, F., EDWARDS, P.J. & KREUZER, M. (2001): Effect of concentrate on nitrogen turnover and excretion of P, K, Na, Ca and Mg in lactating cows rotationally grazed at high altitude. *Livestock Production Science* 71, 261-275.
- CARULLA, J.E., KREUZER, M., MACHMÜLLER, A. & HESS, H.-D. (2005): Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 961-970.
- CHRISTEN, R.E., KUNZ, P.L., LANGHANS, W., LEUENBERGER, H., SUTTER, F. & KREUZER, M. (1996): Productivity, requirements and efficiency of feed and nitrogen utilization of grass-fed early-lactating cows exposed to high Alpine conditions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 76 22-35.
- FLACHOWSKY, G. & BRADE, W. (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde* 79 417-465.
- Givens, D.I. & Rulquin, H. (2004): Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 114, 1-18.
- GRAF, C.M., KREUZER, M. & DOHME, F. (2005): Effects of supplemental hay and corn silage versus full-time grazing on ruminal pH and chewing activity of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88, 711-725.
- GOTSCH, N., FLURY, C., KREUZER, M., RIEDER, P., HEINIMANN, H.R., MAYER, A.C. & WETTSTEIN, H.-R. (2004): Land- und Forstwirtschaft im Alpenraum – Zukunft im Wandel. *Schriftenreihe Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft im Alpenraum*. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel KG, Kiel, Deutschland, Bd. 8, 305 S.
- HELGADOTTÍR, A., CONNOLLY, J., COLLINS, R., FOTHERGILL, M., KREUZER, M., LÜSCHER, A., PORQUEDDU, C., SEBASTIÀ, M.T., WACHENDORF, M., BROPHY, C., FINN, J., KIRWAN, L. & NYFELER, D. (2008): The benefits of sward diversity for cultivated grasslands. Proc. 22nd Gen. Meet. EGF on Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production (Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsson-Linde, N. Spörndly, E., eds). *Grassland Science in Europe* 13, 39-51.
- HESS, H.-D., KREUZER, M., DÍAZ, T.E., LASCANO, C.E., CARULLA, J.E., SOLIVA, C.R. & MACHMÜLLER, A. (2003a): Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Animal Feed Science and Technology* 109, 79-94.
- HESS, H.-D., MONSALVE, L.M., LASCANO, C.E., CARULLA, J.E., DÍAZ, T.E. & KREUZER, M. (2003b): Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on *in vitro* ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research* 54, 703-713.
- HESS, H.-D., BEURET, R., LÖTSCHER, M., HINDRICHSEN, I.K., MACHMÜLLER, A., CARULLA, J.E., LASCANO, C.E. & KREUZER, M. (2004): Ruminal fermentation, methanogenesis and nitrogen utilisation of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with *Sapindus saponaria* fruits and *Cratylia argentea* foliage. *Animal Science* 79, 177-189.
- HINDRICHSEN, I.K., WETTSTEIN, H.-R., MACHMÜLLER, A. & KREUZER, M. (2006): Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, 150-161.
- HOPPE, T., WEISSBACH, F., SCHLICHTING, M.C., SCHMIDT, L. & SMIDT, D. (1996): Milchviehweidewirtschaft bei Verzicht auf Stickstoffdüngung. *Züchtungskunde* 68, 131-146
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006): Guidelines for National Greenhouse Inventories. Vol. 4. Agriculture, Forestry and other Land Use. Ch. 10. Emissions from Livestock and Manure Management pp 10.1–10.87
- KREUZER, M. & SOLIVA, C.R. (2008): Nutrition: Key to methane mitigation in ruminants. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 17, 168-171
- KRÖBER, T.F., KÜLLING, D.R., MENZI, H., SUTTER, F. & KREUZER, M. (2000): Quantitative effects of feed protein reduction and methionine on nitrogen use by cows and nitrogen emission from slurry. *Journal of Dairy Science* 83, 2941-2951.
- KÜLLING, D.R., MENZI, H., KRÖBER, T.F., NEFTEL, A., SUTTER, F., LISCHER, P. & KREUZER, M. (2001): Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from different types of dairy manure during storage as affected by dietary protein content. *Journal of Agricultural Science* 137, 235-250.
- KÜLLING, D.R., MENZI, H., SUTTER, F., LISCHER, P. & KREUZER, M. (2003). Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65, 13-22.

- LÜSCHER, A., BUCHMANN, N., SCHERER-LORENZEN, M., HUGUENIN-ELIE, O., NYFELER, D., SUTER, M., WEIGELT, A. & FROSSARD, E. (2008) Grundlagen effizienter Raufutterproduktion mit Mischbeständen. Vorliegender Tagungsband.
- MÜNGER, A. & KREUZER, M. (2008): Absence of persistent methane emission differences in three breeds of dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 77-82.
- ROSENBERGER, E., GÖTZ, K.-U., DODENHOFF, J., KROGMEIER, D., EMMERLING, R., LUNTZ, B. & ANZENBERGER, H. (2004). Überprüfung der Zuchtstrategie beim Fleckvieh. <http://www.lfl.bayern.de/itz/rind/09285/index.php>.
- SCHARENBERG, A., ARRIGO, Y., GUTZWILLER, A., WYSS, U., Hess, H.D., KREUZER, M. & DOHME, F. (2007): Effect of feeding dehydrated and ensiled tanniferous sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on nitrogen and mineral digestion and metabolism of lambs. *Archives of Animal Nutrition* 61, 390-409.
- SMITH, L.C., DE KLEIN, C.A.M., MONAGHAN, R.M. & CATTO, W.D. (2008): The effectiveness of dicyanamide in reducing nitrous oxide emissions from a cattle-grazed, winter forage crop in Southland, New Zealand. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48 160-164.
- STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., ROSALES, M. & DE HAAN, C. (2006): Livestock's Long Shadow. Environmental Issues & Options. FAO, Rome.
- THOMET, P., KUNZ, P. (2008): What type of cow do we need for grassland based milk production? Proc. 22nd Gen. Meet. EGF on Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production (Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsdotter-Linde, N. Spörndly, E., eds). *Grassland Science in Europe* 13, 864-866.
- VALK, H. (1994): Effects of partial replacement of herbage by maize silage on N utilization and milk production of dairy cows. *Livestock Production Science*. 40, 241-250.
- VAN DEN POL-VAN DASSELAAR, A., VELLINGA, T.V., JOHANSEN, A. & KENNEDY, E. (2008): To graze or not to graze, that's the question. Proc. 22nd Gen. Meet. EGF on Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production (Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsdotter-Linde, N. Spörndly, E., eds). *Grassland Science in Europe* 13, 706716.
- VAN DORLAND, H.A., WETTSTEIN, H.-R., LEUENBERGER, H. & KREUZER, M. (2007): Effect of supplementation of fresh and ensiled clovers to ryegrass on nitrogen loss and methane emission of dairy cows. *Livestock Science* 111, 57-69.
- VAN DUINKERKEN, G., ANDRÉ, G., SMITS, M.C.J., MONTENY, G.J. & ŠEBEK L.B.J. (2005): Effects of rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia from dairy cow houses. *Journal of Dairy Science* 88, 1099-1112.
- WAGHORN, G., SHELTON, I.D., MCNABB, W.C. & MCCUTCHEON, S.N. (1994): Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects. *Journal of Agricultural Science* 123, 109-119.
- WANG, Y., MCALLISTER, T.A., NEWBOLD, C.J., CHEEKE, P.R. & CHENG, K.J. (1997): Effects of *Yucca* extract on fermentation and degradation of saponins in the RUSITEC. *Proceedings of the Western Section, American Society of Animal Science* 48, 149-152.
- WATSON, C.A. & WACHENDORF, M. (2008): Sustainable nutrient management for organic farming systems. Proc. 22nd Gen. Meet. EGF on Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production (Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsdotter-Linde, N. Spörndly, E., eds). *Grassland Science in Europe* 13, 519-528.
- WOODWARD, S.L., WAGHORN, G.C., ULYATT, M.J. & LASSEY, K.R. (2001): Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 61, 23-26.

Effizienzparameter der Milchproduktion auf Stufe Betrieb

P. Thomet¹ und B. Durgai¹

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen, Email: peter.thomet@shl.bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Die Entwicklung der Milchproduktionssysteme in Europa und Nordamerika war in den letzten Jahrzehnten geprägt von der Holsteinisierung und dem Übergang zur konsequenten Stallfütterung, bestehend aus einer optimierten Totalmischration mit den Hauptkomponenten Mais- und Grassilage sowie Kraftfutter. Die graslandbasierte Milchproduktion ist mehr in den Hintergrund geraten und hat an Wertschätzung und Stellenwert verloren. Das unternehmerische Handeln der Landwirte wurde mehr und mehr von der Ausrichtung auf die Jahresleistung pro Kuh bestimmt. Damit sollen hohe Stallplatzkosten auf möglichst viel Milch verteilt werden. In der Praxis ist der Stalldurchschnitt (kg Milch/Kuh/Jahr) oft das Mass aller Dinge. Das hat sicher auch mit der Verbundenheit des Landwirtes mit seiner geliebten Kuh zu tun sowie dem Streben nach Anerkennung, die mit ausgewiesenen Spitzenleistungen im Berufsumfeld erreicht werden kann. Doch bei genauerem Hinsehen erweist sich der Stalldurchschnitt allerdings als fragwürdige Kennziffer zur Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit der Milchproduktion. Er kann zwar Aussagen machen über Zucht, Haltung, Herdenmanagement und Fütterung auf einem Betrieb, sagt aber wenig aus über die Produktionseffizienz und Wirtschaftlichkeit, denn gerade die Futter- und Bestandesergänzungskosten können auf einem Betrieb mit sehr hohen Milchleistungen wegen teuren Komponenten und übermässigem Remontierungsbedarf sehr hoch liegen und die Rentabilität in Frage stellen (WEISS *et al.*, 2008).

Zwar können die Steigerung der Jahres-Milchleistung und die Vergrösserung der Milchmenge pro Betrieb wesentlich dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit der Milchproduktion zu verbessern. Sie sind aber nicht ausreichend, die Wirtschaftlichkeit zu beurteilen. Andere Schlüsselgrössen wie die Futterkonvertierungseffizienz (Kilo Milch pro Kilo Futter), die Futterkosten und die Arbeitsproduktivität müssen ebenfalls in die Betrachtung miteinbezogen und laufend optimiert werden. Dieser Beitrag diskutiert alternative Kenngrössen, die dazu beitragen, Milchproduktionssysteme umfassender beurteilen zu können.

Wie jeder andere Unternehmer ist auch der Milchproduzent gezwungen, laufend seine Wettbewerbskraft zu überprüfen und zu stärken. Die massgebenden Kriterien für diesen Prozess sind Effizienzparameter: das Verhältnis von Output- zu Inputgrössen, die sowohl physisch wie monetär ausgedrückt werden können (Tab. 1a, 1b). Sie zeigen auf, welche Faktoren sich entscheidend auf den unternehmerischen Erfolg der Milchproduktion auswirken. Zur Sicherung der Nachhaltigkeit sind zusätzlich auch die ökologischen und sozialen Auswirkungen der Produktionsweise zu erfassen und mit einer angemessenen Gewichtung in die Gesamtbilanz einzubringen. Diese wichtigen Aspekte würden jedoch den Rahmen des vorliegenden Beitrags sprengen und werden daher nicht weiter diskutiert.

Tab. 1a: Physische Produktivitäten und ökologische Kennzahlen zur Beurteilung des Erfolges und der Nachhaltigkeit der Milchproduktion

Physische Produktivitäten

<i>Bezugbasis</i>	<i>Massstab</i>
Fläche	kg ECM/ha/Jahr; kg ECM/kg Futter-TM _{gewachsen}
Futter	kg ECM/kg Futter-TM _{verz} ; Grundfutterleistung (kg ECM/Kuh/J)
Kuh	kg ECM/100 kg LG/Lebenstag
Tierwohl	Lebensdauer (Jahre/Kuh)
Stallplatz	kg ECM/Kuh/Jahr
Arbeitskraft	kg ECM/Akh

Ökologische Kennzahlen

Energie-Effizienz	MJ NEL-Energie-Äquivalent/kg ECM
Stickstoff	kg N _{ausgew} /ha; kg NH ₃ _{verfl} /ha; ausgeglichene N-Bilanz des Betriebes
Klima	Beeinträchtigung des globalen Klimas (Klimaerwärmung): CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O pro kg ECM
Wasser-Effizienz	kg H ₂ O/kg ECM

Tab. 1b: Ökonomische und soziale Kennzahlen zur Beurteilung des Erfolges und der Nachhaltigkeit der Milchproduktion

Ökonomische und soziale Kennzahlen

Milchproduktion	<p>Futtermüllkosten (cent/kg TM bzw. 10 MJ NEL)</p> <p>Mechanisierungskosten (cents/kg ECM)</p> <p>Gebäudekosten (€/Stallplatz)</p> <p>Arbeitskosten (cent/kg ECM)</p> <p>Bestandesergänzungskosten (€/Kuh; cent/kg ECM)</p> <p>Tierärztkosten (€/Kuh/Jahr; cent/kg ECM)</p> <p>Produktionskosten (Vollkosten; cent/kg ECM)</p> <p>Arbeitsverwertung (€/AKh) <i>Entspricht dem Erlös abzüglich der vollen Kosten ohne die Arbeitskosten (jedoch inkl. Opportunitätskosten für Land und Kapital), dividiert durch die Anzahl AKh, die für die Milchproduktion benötigt werden.</i></p> <p>Landwirtschaftliches Einkommen aus der Milchproduktion (LEM; €/Betrieb) <i>Das LEM ergibt sich, indem von den Leistungen (Gesamterlös aus Milch-, Kälber-, Schlachtviehverkauf und Direktzahlungen) die Fremdkosten für die Milchproduktion abgezogen werden.</i></p>
Gesamtbetrieb	<p>Kalkulatorischer Gewinn/Verlust (cent/kg ECM) <i>Entspricht dem Landwirtschaftlichen Einkommen abzüglich der kalkulatorischen Arbeitskosten der Familie.</i></p> <p>Landwirtschaftliches Einkommen (€/Betrieb)</p> <p>Kalkulatorischer Gewinn/Verlust (€/Betrieb)</p>
Mensch	<p>Realisierter Gewinn/Verlust (Eigenkapitalbildung; €/Betrieb) <i>Entspricht dem Landwirtschaftlichen Einkommen zuzüglich ausserlandwirtschaftlichen Einkommen abzüglich des Privatverbrauchs der Familie.</i></p> <p>Anzahl Ferientage/Familie/Jahr</p>

Rückbesinnung auf die Potentiale der graslandbasierten Milchproduktion

Die Kernaufgabe der nachhaltigen Milchproduktion besteht darin, Raufutter zum wertvollen Nahrungsmittel Milch zu veredeln und damit eine nicht direkt verwertbare Grundlage für die menschliche Ernährung zu erschliessen. Diese Aussage gilt besonders für Regionen, wo das Dauergrünland die wichtigste betriebseigene Ressource darstellt. Wenn wir davon ausgehen, dass der schonende und effiziente Umgang mit den Ressourcen zunehmend wichtig wird und das Zeitalter der Verschwendung zu Ende geht, ist es richtig, dass wir uns anlässlich der diesjährigen AGGF-Jahrestagung auf die Stärken der graslandbasierten Milchproduktion rückbesinnen und aufzeigen, wie sie erfolgreich umgesetzt werden kann. Dies ist unsere vornehme Aufgabe.

In den letzten Jahrzehnten haben die Milchbauern der Grünlandgebiete versucht, in der Zucht und Fütterung mit den enormen Leistungssteigerungen der mais- und kraftfutterbetonten Milchproduktionssysteme mitzuhalten. Es lohnte sich, auch an Grenzertragsstandorten wie dem Berggebiet Hochleistungskühe zu halten und viel billiges Kraftfutter in der Jahresration der Kuh einzusetzen. Doch im Hinblick auf die Nachhaltigkeit und Ressourcen-Effizienz erweist sich dies als zunehmend fragwürdig. Um langfristig bestehen zu können, sollten sich die Milchproduzenten in den Grünlandgebieten vermehrt auf die Nutzung ihrer eigenen Ressourcen ausrichten und die Potentiale der graslandbasierten Produktionsweise von Milch gezielter nutzen.

Die „grüne“ Milch ist in ihrer Zusammensetzung anders als jene aus der mais- und kraftfutterbasierten Produktion. Dieser Unterschied lässt sich anhand der Fettsäurezusammensetzung und der Isotopenanalyse nachweisen (LEIBER *et al.*, 2004; WEISS *et al.* 2007). Es bestehen gute Chancen, die positive gesundheitliche Wirkung der Produkte aus „grüner“ Milch in naher Zukunft geltend machen zu können. In diesem Beitrag soll in erster Linie aufgezeigt werden, dass die Entwicklung und Förderung der Milchproduktion in Grünlandgebieten ein grundlegend anderes Denken erfordert, als es heute bestimmend ist. Die einseitige Ausrichtung auf die Jahres-Milchleistung pro Kuh ist irreführend und wird der Forderung nach Nachhaltigkeit bei weitem nicht gerecht.

Zwei Dogmen gilt es zu hinterfragen: (1) dass es richtig ist, Kühe zu halten mit hohem genetischen Potential für eine hohe Jahres-Milchleistung sowie diese mit perfektionierter Fütterung zu erreichen und (2) dass es darum geht, eine ausgeglichene Ration anzustreben.

In der graslandbasierten Milchproduktion steht vielmehr im Vordergrund, die Kuh als Bioreaktor zu nutzen, in welchem die Cellulose (β -glucosidisch gebundene Energie) für die menschliche Ernährung erschlossen wird. Dazu ist der Wiederkäuer mit dem vierteiligen Magensystem vorzüglich in der Lage. Im Wesentlichen geht es in der graslandbasierten Milchproduktion darum, den Prozess dieser Konvertierung von Raufutter zu Milch zu optimieren. Demzufolge steht die Schlüsselgrösse Futterkonvertierungseffizienz ($\text{kg ECM/kg TM}_{\text{Raufutter}}$) im Zentrum der produktionstechnischen Überlegungen, und als Grünland-Experten müssen wir fragen, wie wir die Produktionsmittel Mensch, Kühe, Wiesen und Weiden effizient einsetzen und ideal kombinieren können (Abb. 1).

Futterkonvertierungs-Effizienz von Wiesen- und Weidefutter

Das Futter von Wiesen und Weiden alleine genügt eigentlich, um eine Milchkuh zu ernähren. Es ist eine natürliche Total-Misch-Ration. Der Netto-Energiegehalt für die Milchbildung ist der beschränkende Faktor, während die Proteinversorgung dagegen in den meisten Fällen sogar im Überschuss liegt. Das Nutzungsstadium, der Pflanzenbestand und das Konservierungssystem bestimmen das Milchproduktionspotential (Tab. 2).

Hauptreferate

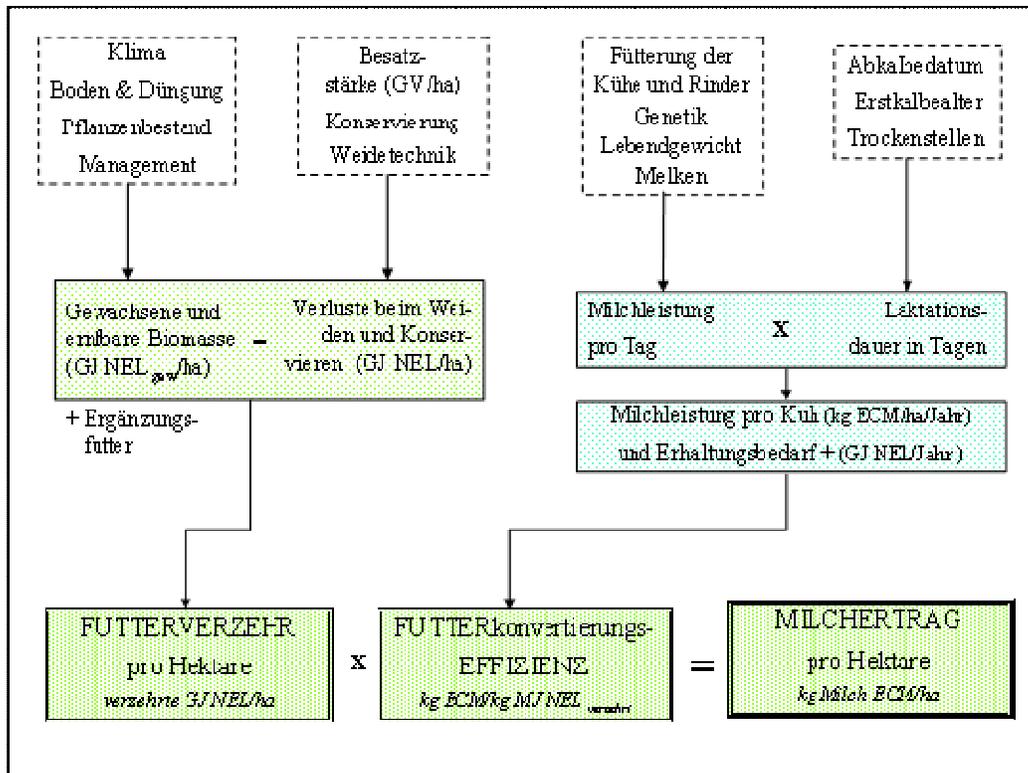


Abb. 1. Vereinfachte Darstellung der graslandbasierten Milchproduktion

Tab. 2: Nährwert, Milchproduktionspotential¹ und Futterkonvertierungs-Effizienz (FKE²) des Futters von Wiesen und Weiden

Futterart	NEL-Gehalt MJ /kg TM	Verzehr und MPP ¹ pro Kuh & Tag			FKE ² (kg ECM pro kg TM)
		kg TM	MJ NEL	kg ECM	
<i>Weidegras</i>					
- im Frühjahr	7.0	19.0	133.0	30.4	1.6
- Sommer/Herbst	6.5	17.0	110.5	23.2	1.4
<i>Grünfütterung</i>	6.3	17.0	107.1	22.2	1.3
<i>Grassilage</i>	5.8	18.0	104.4	21.3	1.2
<i>Belüftungsheu</i>	5.4	19.3	104.2	21.2	1.1
<i>Bodenheu</i>	5.1	18.0	91.8	17.3	1.0
<i>Oeko-Dürrfutter</i>	4.8	16.0	76.8	12.5	0.8

Je jünger das Grünlandfutter genutzt wird, umso verdaulicher ist es. Das schnell gewachsene und wenig lignifizierte Weidegras im Frühjahr weist mit Abstand den höchsten Nährwert auf, sowohl bezüglich der Energie- wie der Proteinversorgung. In dieser Zeitperiode sind Milchleistungen von 30 kg ECM/Kuh/Tag alleine aus dem Grünfutter möglich. Später sinkt dann die Verdaulichkeit, und der Rohproteingehalt steigt im Verlaufe der Vegetationsperiode an. Der Rohprotein-Überschuss kann dann in der Regel als erhöhter Harnstoffgehalt (= Indikator für das Protein/Energieverhältnis in der Ration) im Blut und in der Milch nachgewiesen werden. Die Direktveredelung von Weidegras zu Milch ist also im Frühjahr am interessantesten, weil dann die Futterkonvertierungs-Effizienz bei Werten über 1,5 kg ECM/kg TM liegt. Bei der Schnittnutzung ist das

Wiesenfutter meistens schon älter und weist einen geringeren Energiegehalt auf. Wird es dann konserviert, geht nochmals viel Energie verloren, sodass die Silage und das Dürrfutter nur noch Futterkonvertierungs-Effizienzen von etwa 1 kg ECM/kg TM aufweisen. Zudem kostet die Futtereinheit konserviertes Futter 3-bis 4-mal mehr als Weidegras (Abb. 2). Neben dem NEL-Wert ist auch die Verzehrbarekeit des Futters eine mitentscheidende Grösse im Hinblick auf das Milchproduktionspotential.

Leguminosenreiche Pflanzenbestände werden in allen Nutzungsformen (Grün, Silage, Dürrfutter) in deutlich höheren Mengen verzehrt als reine Grasbestände, was ebenfalls zur Erhöhung des Milchproduktionspotentials und der Futterkonvertierungseffizienz führt. Weiter ist Dürrfutter bezüglich Verzehrbarekeit der Silage überlegen, was erklärt, dass silofreie Grünlandbetriebe ähnlich hohe Grundfutterleistungen aufweisen wie Silobetriebe.

Die Stallfütterung mit optimierter TMR-Ration weist hier einen entscheidenden Vorteil auf: Bei ähnlicher Energiekonzentration der Ration liegt der TM-Verzehr im Vergleich zur Vollweide deutlich höher und erlaubt eine Jahres-Milchleistung von 10'000 kg ECM/Kuh und mehr, während bei Vollweidehaltung nur etwa 6'500 kg erreicht werden (KOLVER und MULLER, 1998).

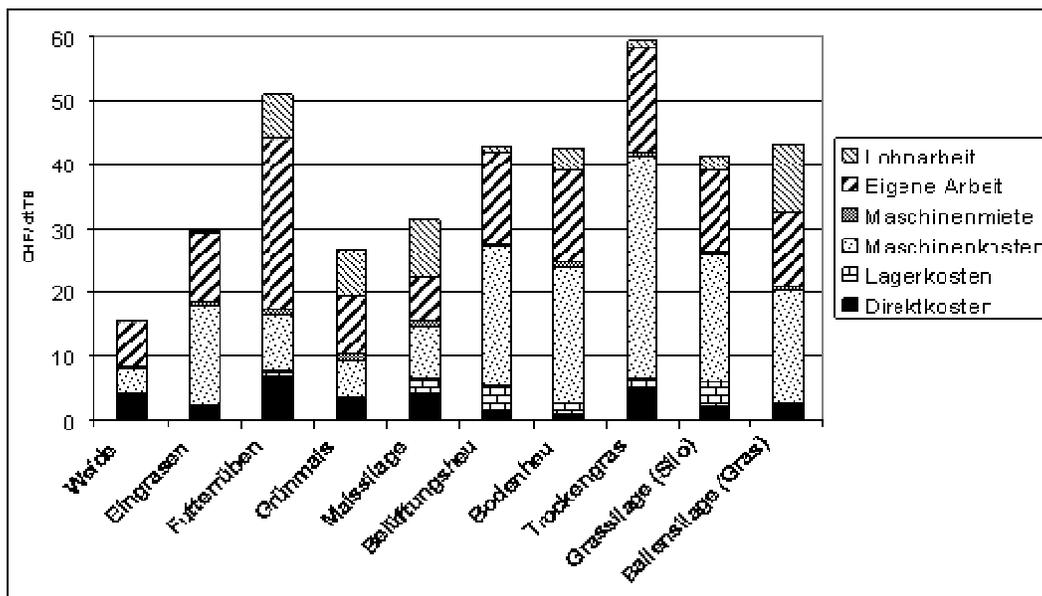


Abb. 2. Grundfutter-Vollkosten franko Krippe und Kostenstruktur von Schweizerischen Talbetrieben der Jahre 2005-2007 (STETTLER und VETSCH, 2007)

Die Weidekühe vermochten in diesem Versuch pro Tag in der Hochlaktation nur 19 kg TS aufzunehmen, während die Vergleichsgruppe im Stall 23,4 kg TS/Kuh verzehrte. Die Werte der Futterkonvertierungseffizienz lagen aber weit weniger deutlich auseinander, nämlich bei 1,9 kg ECM/kg TM_{TMR} versus 1,6 kg ECM/kg $TM_{Vollweide}$. Bezogen auf die Futterkonvertierungseffizienz der Jahresration der Milchviehherden (inkl. Galtzeit) in den beiden Systemen würden sich geschätzte Werte von 1,3 kg ECM/kg TM_{TMR} versus 1,1 kg ECM/kg $TM_{Vollweide}$ ergeben. Das wirtschaftliche Ergebnis wird natürlich stark von den Vollkosten der eingesetzten Futtermittel (cent/kg TM) abhängen (Abb.2).

Effizienz im Zusammenhang mit Kuhgrösse und Nachzucht

In den Tabellen 3a und 3b wird aufgezeigt, wie die Futterkonvertierungseffizienz in Abhängigkeit der Milchleistung und des Gewichts der Kühe variiert. Letzteres muss in der Beurteilung der Leistung einer Kuh unbedingt berücksichtigt werden, weil der gesamte Erhaltungsbedarf – inklusive Bedarf für das wachsende Kalb und die Gewichtsänderungen - rund 40 % des Jahres-Energiebedarfes ausmacht.

Tab. 3a: Jahres-Energiebedarf ¹(MJ NEL) und Jahres-Futterbedarf ² (kg TM in Klammern) von Milchkühen in Abhängigkeit von Lebendgewicht und Jahres-Milchleistung

Gewicht (kg/Kuh)	Jahres-Milchleistung pro Kuh (kg ECM)				
	5'000	6'000	7'000	8'000	9'000
350	26'446 (4'198)	29'586 (4'696)	32'726 (5'195)	35'866 (5'693)	39'006 (6'191)
450	28'669 (4'551)	31'809 (5'049)	34'949 (5'547)	38'089 (6'046)	41'229 (6'544)
550	30'800 (4'889)	33'940 (5'387)	37'080 (5'886)	40'220 (6'384)	43'360 (6'883)
650	32'793 (5'205)	35'933 (5'704)	39'073 (6'202)	42'213 (6'700)	45'353 (7'199)
750	34'742 (5'515)	37'882 (6'013)	41'022 (6'511)	44'162 (7'010)	47'302 (7'508)

Tab 3b: Futterkonvertierungs-Effizienz (kg ECM/kg TM) von Milchkühen in Abhängigkeit von Lebendgewicht und Jahres-Milchleistung

Gewicht (kg/Kuh)	Jahres-Milchleistung pro Kuh (kg ECM)				
	5'000	6'000	7'000	8'000	9'000
350	1,19	1,28	1,35	1,41	1,45
450	1,10	1,19	1,26	1,32	1,38
550	1,02	1,11	1,19	1,25	1,31
650	0,96	1,05	1,13	1,19	1,25
750	0,91	1,00	1,08	1,14	1,20

¹ Erhaltungsbedarf der Kühe inkl. Trächtigkeit & Gewichtsänderungen in MJ NEL/Kuh/Tag *pro Kuhgrösse in kg Lebendgewicht* (nach WÜEST, 1995):
29,4/350; 35,5/450; 41,4/550; 46,8/650; 52,2/750.

² Angenommener mittlerer NEL-Gehalt in der Jahresration: 6,3 MJ NEL/kg TM

Mit zunehmender Milchleistung sinkt bei gleichem Lebendgewicht der Gesamtfutterbedarf pro kg ECM (energiekorrigierte Milch) deutlich, da der Erhaltungsbedarf, der proportional zum metabolischen Gewicht ist, auf eine grössere Milchmenge verteilt werden kann. Folglich erzielen jene Kühe die beste Futterkonvertierungseffizienz, welche im Verhältnis zum metabolischen Gewicht die höchste Milchleistung aufweisen. Dies gilt unabhängig davon, welche Produktionsstrategie (Vollweide/ Hochleistung) verfolgt wird. Spezialisierte Milchrassen sind Zweinutzungsrasen diesbezüglich überlegen, da sie bei gleichem Lebendgewicht eine deutlich höhere Milchleistung aufweisen.

Der Effekt steigender Milchleistungen nimmt jedoch mit zunehmendem Leistungs-niveau deutlich ab. Damit schwere Kühe dieselbe Futterkonvertierungseffizienz erreichen wie leichte Kühe, müssen sie deutlich höhere Laktationsleistungen erzielen. Die Laktationsleistung pro Kuh und Jahr ist somit eine schlecht geeignete Vergleichsgrösse für die Produktionseffizienz, da das Lebendgewicht und somit der Erhaltungsbedarf nicht berücksichtigt werden. Untersuchungen mit raufutterbetonten Rationen haben gezeigt, dass unter Stallhaltungsbedingungen grosse und kleine Milchtypen vergleichbare Futterkonvertierungseffizienzen erreichen (WÜEST, 1995).

Die Futterkonvertierungseffizienz eines Milchproduktionssystems sollte nicht nur auf die Laktationsdauer bezogen werden. Ebenfalls zu berücksichtigen ist die Aufzuchtphase. Hier wird vorerst investiert und der Bioreaktor Kuh aufgebaut. Es ist betriebswirtschaftlich relevant, über wie viele Nutzungsjahre und welche Milchmenge diese Investition amortisiert werden kann. Die Bestandesergänzungskosten nehmen eine gewichtige Position innerhalb der Vollkostenrechnung der Milchproduktion ein. In Schleswig Holstein beispielsweise stehen sie gemäss den Ergebnissen des Rinderreportes 2003 nach den Grundfutterkosten an zweiter Stelle. Die Stallplatzkosten dagegen haben geringere Bedeutung. In Tabelle 4 sind Futterkonvertierungseffizienzen aufgeführt, welche sich unter Einbezug der Futtermengen ergeben, welche die Remonten während der Aufzucht verzehrt haben.

Es besteht die Möglichkeit, das Futter, das die Remonten während der Aufzucht verzehrt haben, bei der Berechnung der Futterkonvertierungseffizienz der Kühe zu berücksichtigen. In Tabelle 4 sind die Auswirkungen auf die so berechneten Futterkonvertierungseffizienzen ersichtlich.

Tab. 4: Einfluss der Nutzungsdauer einer Kuh auf die Futterkonvertierungseffizienz (FKE) inklusive Aufzucht

	<i>Lebensalter in Jahren</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>7</i>
Milch (kg ECM)			6'500	22'000	38'000
kumuliertes Futter (kg TM)	1'300	4'560 ¹	10'810	23'530	36'500
FKE (kg ECM/kg TM _{verzehrt})	0	0	0,60	0,93	1,04

In der Tabelle 3 wird von folgenden Annahmen ausgegangen: ein Holstein Rind kalbt mit 26 Monaten und einem Lebendgewicht von 580 kg, wächst dann noch auf 650 kg, produziert in der 1. Laktation 6'500 kg ECM und nachher 7'500 bis 8000 kg/Jahr. Anschliessend wurde die jeweilige Lebensleistung Milch der bis zu diesem Zeitpunkt benötigten gesamten Futtermenge gegenübergestellt (es sind die kumulativen Werte angegeben).

Wir stellen fest: 1. Es gibt eine grosse Verbesserung der Effizienz mit zunehmender Nutzungsdauer; 2. Die grössten Verbesserungsschritte ergeben sich in den ersten Laktationen; 3. Die Futterkonvertierungseffizienz-Werte sind tiefer als bei der üblichen Darstellung der Werte pro Jahr (Tab. 3b). Daraus folgt, dass die Remontierungsrate (gute Gesundheit, Leistung, Fruchtbarkeit) bei den Effizienzüberlegungen eine zentrale Rolle spielt.

Eine möglichst hohe Futterkonvertierungseffizienz führt aber nicht zwangsläufig zu tieferen Futterkosten pro Kilo produzierter Milch; diese hängen auch von den Kosten der eingesetzten Futtermittel ab. Allgemein führt eine durch höhere Milchleistungen verbesserte Futterkonvertierungseffizienz nur dann zu tieferen Futterkosten, wenn die Einsparungen durch den geringeren Erhaltungsfutteranteil grösser sind als allfällige Zusatzkosten durch den erhöhten Einsatz von teureren Futterkomponenten (qualitativ besseres/teureres Grundfutter bzw. Kraftfutter). Dieser Aspekt ist von besonderer Bedeutung, wenn die Kostendifferenz zwischen Grundfutter und Kraftfutter gross ist.

Die Daten in Tabelle 5 zeigen auf, dass das Lebengewicht der Einzelkuh das gesamte Herdengewicht beeinflusst. Auf einem angenommenen Beispielsbetrieb mit 200'000 kg Milchquote und einer Futterkonvertierungseffizienz von 1,19 kg ECM/kg TM in der Jahresration (exkl. Aufzucht) steigt das gesamte Herdengewicht bei zunehmender Jahresmilchleistung und sinkender Tierzahl.

Tab. 5: Futterbedarf ¹ für die Aufzucht und Bildung einer Kuhherde zur Produktion von 200'000 kg ECM in Abhängigkeit des Lebengewichts der Einzelkuh bei gleicher Futterkonvertierungseffizienz

Lebendgewicht (kg/Kuh)	350	450	550	650	750
Jahres-Milch (kg ECM/Kuh)	5'000	6'000	7'000	8'000	9'000
Anzahl Kühe für die Produktion von 200'000 kg ECM	40,0	33,3	25,6	25,0	22,2
Herdengewicht (kg)	14'000	15'000	15'714	16'250	16'667
Futterbedarf in der Aufzucht zum Aufbau der Herde in dt TM ²	1'820	1'950	2'043	2'113	2'167

¹ Die Jahres-Futterration besteht aus 168'000 kg Futter-Trockenmasse mit einem durchschnittlichen Energiegehalt von 6,3 MJ NEL/kg TM; gleiche Futterkonvertierungseffizienz von 1,19 kg ECM/kg TM.

² Für die Bildung von 1 kg Lebendgewicht wird 13 kg TM Futter benötigt.

Die Kuhherde mit grossen Kühen ist 19 % schwerer. Im Hinblick auf die Ressourceneffizienz muss dieser Sachverhalt mitberücksichtigt werden. Das 2'667 kg höhere Lebendgewicht beansprucht in der Aufzuchtphase 347 dt TM mehr Futter, wenn wir davon ausgehen, dass für die Bildung von 1 kg LG rund 13 kg TM benötigt werden. Bei einer Remontierungsrate von 33% würde der Betrieb in der Aufzucht eine grössere Futterfläche von 1,2 ha (+18%) beanspruchen. Das ist ein häufig übersehener Aspekt. Andere Wechselwirkungen sind ebenfalls in Rechnung zu stellen, wie die Arbeit für die Tierbetreuung, das Sömmerungsgeld, die Anzahl Kälber, der Stallraum und die Gebäudegrösse. Die dargelegten Überlegungen müssen in den Diskussionen über optimale Milchleistungen in Bezug zu den Stallplatzkosten stärker als bisher üblich einbezogen werden.

Vollweidekühe sind anders als TMR-Kühe

Es gibt eine deutliche Interaktion zwischen Genotyp und Fütterungssystem, wie die Forschung in den letzten Jahren nachweisen konnte (KOLVER *et al.*, 2002, BUCKLEY *et al.*, 2005, HORAN *et al.*, 2005, MC CARTHY *et al.*, 2007). Dabei wurden vor allem die amerikanischen und die neuseeländischen Genotypen der Rasse Holstein-Friesen miteinander verglichen. Die auf den Hochleistungsbetrieben Nordamerikas gezüchteten Kühe, die in einer mais- und kraffutterbetonter TMR-Fütterungsumwelt leben, erwiesen sich bei konsequenter Vollweidehaltung als nicht geeignet, weil sie in eine dauerndes Energiedefizit gerieten, stark abmagerten und sich die Fruchtbarkeit massiv verschlechterte (BUCKLEY *et al.*, 2005). Umgekehrt konnte diese Genetik Kraffuttergaben wesentlich besser verwerten als ihre Neuseeländischen Vergleichstiere. Die NZ-Kühe zeichnen sich durch eine aussergewöhnlich hohe Fruchtbarkeit und Stoffwechselstabilität aus, die auch bei vollständigem Verzicht auf Ergänzungsfütterung gegeben ist. Trotzdem ist die Leistungsfähigkeit bemerkenswert hoch. Bei Vollweidehaltung sind sie effizienter als die amerikanischen Holstein, das heisst pro kg Lebendgewicht produzieren sie mehr energiekorrigierte Milch. Sie weisen ein anderes Fressverhalten auf der Weide auf, einen höheren Verzehr pro kg LG, längere Fressdauer und mehr

Fressbewegungen pro Tag (MC CARTHY *et al.*, 2007). In Abbildung 3 sind die ökonomischen Konsequenzen dargestellt.

Die wissenschaftlich belegte Interaktion Genotyp-Fütterungssystem wirft die Frage auf, ob die Viehzüchter in typischen Grünlandregionen den richtigen Weg einschlagen, wenn sie nach immer höheren Jahresleistungen streben und zu diesem Zweck Samen von nordamerikanischen Stieren einsetzen. Es besteht damit die Gefahr, dass die Kühe genetisch von den eigenen kostengünstigen Futtergrundlagen entfremdet und von Fremdfutter abhängig gemacht werden. Das ist ökologisch und bei zunehmenden Futtermittelpreisen auch ökonomisch fragwürdig. Zudem wäre zu prüfen, ob das Wohlbefinden solcher Tiere wegen des chronischen Energiedefizits in raufutterbasierten Produktionssystemen noch gewährleistet werden kann (OLDHAM, 2004).

Der Zusammenhang Kuhgenetik und betriebswirtschaftliches Ergebnis wird in Abbildung 3 anhand eines Kuhvergleichs an der Forschungsanstalt Moorepark in Irland aufgezeigt (MC CARTHY *et al.*, 2007). In den verschiedenen geprüften Vollweide-Strategien (viel Weidemilch pro Kuh; viel Milch pro Kuh, viel Milch pro Fläche) erwies sich die nordamerikanische Hochleistungsgenetik als wirtschaftlich klar unterlegen. Am deutlichsten trat der Vorteil der NZ-Weidekühe zutage, wenn eine hohe Flächenleistung angestrebt wurde und keine Ergänzungsfütterung erfolgte. An der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft und der Forschungsanstalt ALP-Posieux läuft seit zwei Jahren ein Forschungsprojekt, in welchem auf 13 Vollweide-Praxisbetrieben NZ-Kühe mit den einheimischen Kuhrassen verglichen werden. Für den Vergleich stehen 47 Kuhpaare zur Verfügung. Die Resultate der ersten Laktation im Jahr 2007 deuten darauf hin, dass der Unterschied in der Effizienz auch gegenüber der Schweizer Genetik besteht (Abb. 4).

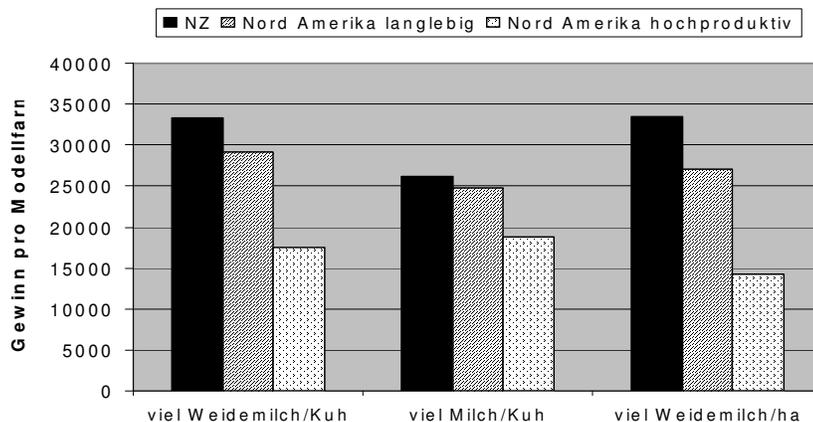


Abb. 3. Einfluss des Kuhtyps auf die Gewinnaussichten einer irischen Vollweide-Modellfarm, dargestellt anhand unterschiedlicher Produktivitätskennzahlen

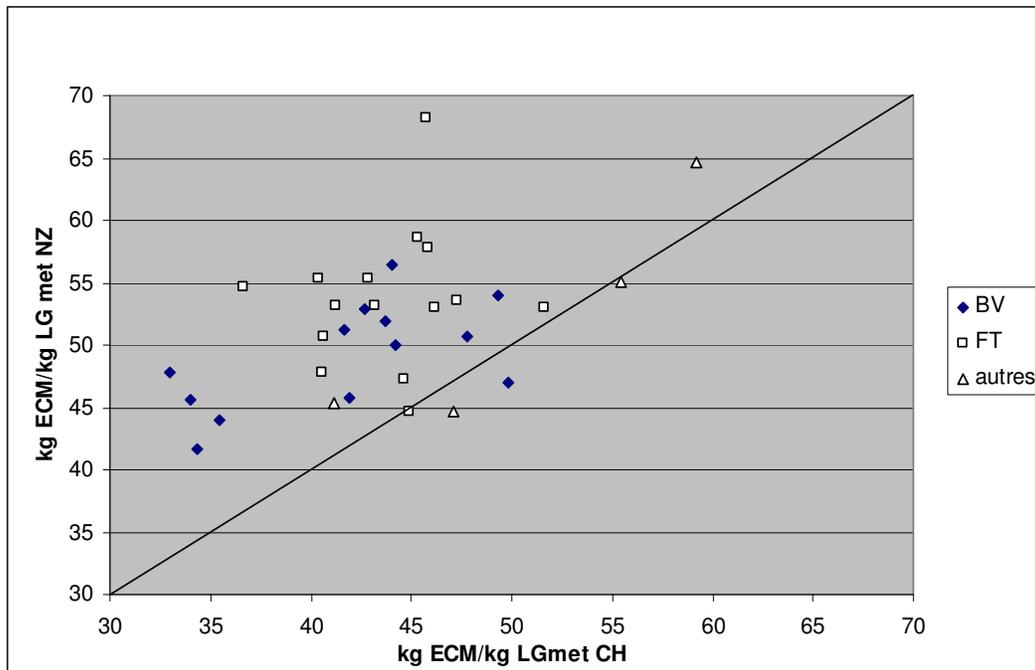


Abb. 4. Vergleich der Effizienz von NZ-Milchkühen mit den schweizerischen Rassen bei Vollweidehaltung (33 Paare Erstlaktierende auf 10 Praxisbetrieben im Jahr 2007; kg energiekorrigierte Milch bezogen auf das kg metabolische Lebendgewicht der Kühe)

Flächenleistung als umfassendes Effizienz-Mass

Der Maßstab Futterkonvertierungseffizienz ist ein sehr umfassender und genauer Maßstab zur Beurteilung von Milchproduktionssystemen. Zur Analyse von praktischen Betrieben ist er jedoch nicht geeignet, da die verfütterten Futtermengen nicht oder nicht hinreichend genau bekannt sind. Ein für die praktische Anwendung sehr interessantes Maß kann daher die Flächeneffizienz darstellen (THOMET et al., 2008). Die Flächenproduktivität eines Betriebes kann berechnet werden, indem man die gesamte produzierte Milchmenge ermittelt und in Beziehung zum Flächenbedarf setzt, der zur Produktion der gesamten für die Kuhherde benötigten Futtermenge gebraucht wird. Die Flächenproduktivität ist eine gute Kennziffer, um Aussagen über die Produktionstechnik und das Produktions-Management zu machen und gibt damit ein umfassenderes Bild als die Jahres-Milchleistung pro Kuh.

Oft wird von der Annahme ausgegangen, dass der Flächenbedarf mit zunehmender Milchleistung pro Kuh automatisch sinkt. Dies ist jedoch in Frage zu stellen, wie verschiedenste Untersuchungen für Vollweidesysteme (Tab. 6) oder Analysen von Praxisdaten zeigen (HENGGELE, 2005; WEISS et al., 2008). Es fällt auf, dass die weidebasierte Milchproduktion auf sehr hohe Werte kommt, obwohl die Jahres-Milchleistungen pro Kuh zum Teil bemerkenswert tief sind. Damit wird nochmals deutlich gemacht, dass die individuelle Jahresleistung von Kühen eine ungenügende Kennzahl ist, um eine umfassende Aussage bezüglich Produktivität des Gesamtsystems zu machen.

Tab. 6: Netto-Flächenleistung Milch der Vollweide- und Hochleistungs-Milchproduktion an verschiedenen Standorten

Milchproduktionssystem Ort /Jahre/Quelle	Netto- Flächenleist. ¹ (kg ECM ² /ha/J)	Stalldurch- schnitt(kg Milch/Kuh/J)	Kraftfutter (kg/Kuh/J)
Saisonale Vollweide <i>mit Blockabkalbung Ende Winter</i>			
Waldhof , CH -4900 Langenthal Jahre 2001-05; <i>Thomet et al. (2004)</i>	14'339	7066	381
Burgrain, CH- 6248 Alberswil Jahre 2002-2004 <i>Thomet et al. (2006)</i>	13'258	5835	154
Agroscope ALP, CH 1725 Posieux Jahre 2000-2003 <i>Jeangros and Thomet, (2004)</i>	11'130	6875	450
Moorepark, Irland Jahre 1992-94 <i>Dillon et al. (1995)</i>	14'001	5444	234
Hamilton, Neuseeland Jahre 1998-2001 <i>Mac Donald et al. (2001)</i>	15'685	4239	0
Mais- und kraftfutter- betonte Stallfütterung <i>viel Maissilage, Grassilage, Kraftfutter (Produktionsjahr 2004; Henggeler, 2005)</i>			
Mittelwert von 13 Betrieben, östl. Schweizer Mittelland	11'003	7'742	1'204
Mittelwert von 13 Betrieben, südl. Baden-Württemberg	11'192	7'974	2'263
max. Wert Betrieb H.L.	14'004	9'764	2'431

¹ mit Berücksichtigung und Korrektur des zugekauften Futters, aufgrund des Energieanteiles an der Jahresration

² ECM = energiekorrigierte Milch

In der weidebasierten Milchproduktion gibt es einen Zielkonflikt zwischen individueller Leistung der Kühe und der Milchleistung pro Hekare zu berücksichtigen, wie aus den kürzlich veröffentlichten Daten von MacDonald et al. (2008) hervorgeht (Tab. 7). Bei geringer Besatzstärke und hohem Futterangebot erreichten die Kühe eine mittlere Jahresleistung von 5'473 kg FCM (= fettkorrigierte Milch), bei hoher Besatzstärke und verknapptem Futterangebot nur noch 3'636 kg. Trotz der um 33,4 % tieferen Kuhleistung war die Flächenleistung um 29,9 % höher. Dieser Sachverhalt wird damit erklärt, dass bei hohem Weidedruck mehr Biomasse mit höherem NEL-Gehalt verzehrt wurde. Die Futterkonvertierungseffizienz (kg ECM/kg TM_{verzehrt}) erwies sich in diesem Versuch als kaum beeinflusst von der Besatzstärke, obwohl die Kühe mit knappem Futterangebot einen höheren Anteil für den theoretischen Erhaltungsbedarf zur Verfügung stellen mussten. Besonders interessant ist das Ergebnis, dass die Fruchtbarkeit und Bestandesergänzungsrate nicht negativ beeinflusst wurden. Im Gegenteil, diese Parameter waren tendenziell schlechter bei grosszügigem Futterangebot und höherer realisierten Milchleistung. In diesem Zusammenhang sollte noch erwähnt werden, dass dieselbe Kuhgenetik in anderen Versuchen mit einer amerikanischen TMR-Ration Jahresleistungen von etwa 8'000 kg ECM/Kuh/Jahr realisierte (KOLVER et al., 2002).

Tab. 7: Einfluss der Besatzstärke auf die Milchleistung und andere Parameter in einem saisonalen Vollweidesystem (MACDONALD *et al.*, 2008)

Besatzstärke (Kühe/ha)	2,2	2,7	3,1	3,7	4,3
Laktationsdauer (Tage)	291	274	258	234	221
Milchleistung (kg FCM/Kuh/J)	5'473	4'835	4'532	3'981	3'636
Flächenleistung (kg FCM/ha)	12'040	13'055	14'048	14'728	15'634
Flächenanteil mit Nachmahd (%)	90	75	65	0	0
Leere Kühe nach 12 Wo Besamung (%)	17	12	9	11	11

Betriebswirtschaftliche Beurteilung von Milchproduktionssystemen

Mögliche betriebswirtschaftliche Hilfsmittel zur Messung der Wirtschaftlichkeit in der Milchproduktion sind einerseits die Kostenrechnung und andererseits die Darstellung der Effizienz (Input/Output) bzw. die Produktivität (Output/Input). Erfolgreiche Milchproduktionsbetriebe zeichnen sich somit durch hohe Arbeitsverdienste pro Stunde, Gewinne in der Milchproduktion und grosse Milchmengen je Arbeitsstunde aus.

Weltweit lassen sich zwei Hauptstrategien bei der Milchproduktion unterscheiden, welche – konsequent und standortgerecht umgesetzt – überdurchschnittlich gute Ergebnisse bringen: Die Strategie der Hohen Milchmenge (High Input) bzw. jene der Vollweide mit saisonaler Frühjahrsabkalbung (Low Cost).

Die Hochleistungsstrategie setzt beim Output an: Das Ziel sind hohe Milchmengen, verbunden mit relativ hohen Milchleistungen pro Kuh (minimal 9'000 kg je Kuh) und betriebliches Wachstum sind das Ziel, das heisst möglichst viel zusätzliche Milch zu produzieren, bei weniger stark steigenden Kosten. Die Low Cost-Strategie setzt beim Input an: Die eingesetzten Produktionsmittelmengen und -kosten sollen um jeden Preis reduziert werden. Der Output nimmt zum Teil auch ab, aber weniger als der Input. Das Endergebnis beider Ansätze ist ein besseres Verhältnis zwischen Output und Input, das heisst eine bessere Produktivität und letztlich eine bessere Wettbewerbsfähigkeit des gesamten Betriebes.

Der weltweite Vollkostenvergleich in der Milchproduktion, zeigt auf, dass in Grünlandgebieten besonders günstig Milch produziert werden kann, wenn der Anteil Weidegras in der Jahresration der Kuhherde maximiert wird (DILLON, 2005). Die Produktionskosten der amerikanischen und dänischen Hochleistungsbetriebe mit TMR-Ration sind fast doppelt so hoch.

Betriebswirtschaftliche Auswertungen zeigen, dass sowohl Hochleistungsbetriebe wie Low Cost-Betriebe ökonomisch überdurchschnittlich erfolgreich sind, wenn die Strategien konsequent umgesetzt werden (GARMHAUSEN und GAZZARIN, 2001, DURGIAI und BLÄTTLER, 2008). Die Kennzahlen zur Milchproduktion sind aber nur ein Aspekt der Situation der Familienbetriebe und Folge einer gesamtbetrieblichen strategischen Ausrichtung. Insbesondere Grünlandbetriebe sollten sich von allgemein empfohlenen Milchleistungsmaximierungs- und Wachstumsstrategien emanzipieren und auf der Basis der spezifischen Situation einen individuellen Weg in die Zukunft entwickeln (DURGIAI *et al.*, 2008).

Zusammengefasste Aussagen

1. Die Viehzucht soll sich in Zukunft weniger einseitig auf die Jahresleistung ausrichten und sich vielmehr durch andere, aussagekräftigere Effizienz-Parameter leiten lassen. Die Jahresmilchleistung je Kuh ist als Kennzahl für die Effizienz der Milchproduktion bei Systemvergleichen wenig geeignet, weil sie abhängig ist vom Lebendgewicht, der Laktationsdauer und dem gewählten Produktionssystem. Eine Hochleistungskuh sollte besser nach folgendem Massstab definiert werden: *kg energiekorrigierte Milchmenge je 100 kg Lebendgewicht und pro Lebenstag*. Damit würde der grosse Einfluss des Körpergewichts und der Aufzuchtphase auf die Leistungsfähigkeit des Systems mitberücksichtigt.
2. Die Futterkonvertierungs-Effizienz ist einer der wichtigsten Parameter, um die Effizienz von Milchproduktionssystemen auszudrücken. Weil diese Grösse in der Praxis schwierig zu messen ist, kann als Hilfsgrösse die Flächenproduktivität Milch beigezogen werden. Mit der Netto-Flächenleistung kann die Effizienz des Milchproduktionssystems umfassend berechnet und beurteilt werden, weil alle produktionstechnischen Schritte wie der Futterbau, die Futterkonservierung, die Fütterung und das genetische Potential der Kühe einbezogen sind.
3. Die individuelle Jahres-Milchleistung ist bei Vollweidehaltung von Kühen tiefer als bei optimierter Stallfütterung mit TMR. Die Gründe sind: tieferer Futterverzehr, gewollte Futterkonkurrenz, saisonal stark schwankender Nährwert des Futterangebotes und die Bevorzugung von kleineren Kuhtypen mit hohem Leistungspotential für die Raufutterveredelung.
4. Auf hohe Jahres-Milchleistung gezüchtete Kühe erweisen sich als nicht effiziente Raufutterverwerter und sind für ein Vollweidesystem wenig geeignet. Es besteht eine deutliche Interaktion zwischen Genetik und Fütterungssystem. Das heisst, in Grünlandgebieten braucht es einen spezifischen Kuhtyp mit dem eine hohe Futterkonvertierungs-Effizienz (kg ECM/kg $TM_{\text{Wiesenfutter}}$) im Gesamtsystem erreicht werden kann.

Literatur

- BUCKLEY F., HOLMES C. & KEANE M.G. (2005): Genetic characteristics required in dairy and beef cattle for temperate grazing systems. Proc. Satellite workshop of the XXth Intern. Grassland Congress, "Utilisation of grazed grass in temperate animal systems", Cork, Ireland, 61-78.
- DILLON P., CROSSE S., STAKELUM G. & FLYNN F. (1995): The effect of calving date and stocking rate on the performance of spring-calving dairy cows. *Grass and Forage Science* 50, 286-299.
- DILLON P., ROCHE J.R., SHALLOO L. & HORAN B. (2005): Optimising financial return from grazing in temperate pastures. Proc. Satellite workshop of the XXth Intern. Grassland Congress, "Utilisation of grazed grass in temperate animal systems", Cork, Ireland, 131-147.
- DURGIAI B., ETTER L., HUG-SUTTER M. (2008): Strategie-Instrumente für Landwirtschafts- und Milchverarbeitungsbetriebe. *Agrarforschung* 15 (1): 7-12.
- DURGIAI B., BLÄTTLER T. (2008): Economics of dairy production with intensive grazing under different framework conditions. Abstracts of the 1st International Pasture Conference, Ettelbruck, Luxembourg.
- GARMHAUSEN A. und GAZZARIN C. (2001): Internationale Kostenvergleiche in der Milchproduktion, FAT-Bericht Nr. 573, Tänikon.
- HENGGELER M. (2005): Milchproduktionspotential von Silomais in der Praxis. Diplomarbeit an der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen, 60 S. (unveröffentlicht)
- HORAN B., DILLON P., FAVERDIN P., DELABY L., BUCKLEY F. & RATH M. (2005): The interaction of strain of Holstein-Friesian cows and pasture-based feeding systems on milk yield, body weight, and body condition score. *J. Dairy Sci.* 88:1231 -1243.

- JEANGROS B. und THOMET P. (2004): Multi-functionality of grassland systems in Switzerland. *Grassland Science in Europe* 9, 11-23.
- KOLVER E.S. AND MULLER L.D. (1998): Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81, 1403-1411.
- KOLVER E.S., ROCHE J.R., DE VETH M.J., THORNE P.L., & NAPPER A.R. (2002): Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proc. New Zealand Soc. of Animal Prod.* 62, 246-251.
- LEIBER F., WETTSTEIN H.R., NOGG D., KREUZER M. UND SCHEEDER M.R.L. (2004): Dietically relevant polyunsaturated fatty acids in the milk of cows grazing pastures at different altitudes. *Grassland Science in Europe*, 9, 772-774
- MC CARTHY S., HORAN B., RATH M., LINNANE M. O'CONNOR P. & DILLON P. (2007): The influence of strain of Holstein-Friesian dairy cow and pasture-based feeding system on grazing behaviour, intake and milk production. *Grass and Forage Science* 62, 13-26.
- MACDONALD K.A., PENNO J.W., NICHOLAS P.K., LILE J.A., COULTER M. & LANCASTER J.A.S. (2001): Farm systems – Impact of stocking rate on dairy farm efficiency. *Proc. New Zealand Grassland Assoc.* 63, 223-227.
- MACDONALD K.A., PENNO J.W., M. & LANCASTER J.A.S. & ROCHE J.R. (2008): Effect of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *J. Dairy Sci.* 91, 2151-2163.
- OLDHAM J.D. and DEWHURST R.J. (2004): Limits to sustaining productivity, product quality and animal welfare in forage-based dairy systems. *Grassland Science in Europe* 9, 867-875.
- STETTLER M., 2007. Weide als Kostenkillerin. *UFA-Revue* 9, 44-45.
- THOMET P., LEUENBERGER S. & BLÄTTLER T. (2004): Projekt Opti-Milch: Produktionspotenzial des Vollweidesystems. *Agrarforschung* 11 (8), 336-341.
- THOMET P., STETTLER M. & WEISS D. (2008): Methode zur Berechnung der Flächenproduktivität Milch. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 9 (in diesem Band).
- WEISS D. (2007): Milch aus Gras – Milch mit Mehrwert für Verbraucher und Bauern. Tagungsband „Der besondere Wert graslandbasierter Milch“ vom 7.11.07, Agridea, Lausanne.
- WEISS D., DORFNER G., AUERSWALD K., THOMET P. (2007): Flächenproduktivität – Milch von 499 bayrischen Betrieben. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 9 (in diesem Band).
- WÜEST A. (1995): Aufwand und Ertragsverhältnisse von Holstein, Jersey und Simmentaler Fleckvieh. *Dissertation* ETH, Nr. 11133, Zürich.

Einfluss variiertes N-Mengen und N-Verteilung auf Ertragsbildung und Inhaltsstoffgehalte von Grünlandbeständen mit und ohne Weißkleansaart

U. Thumm, P. Weckherlin, W. Ehrmann

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70593 Stuttgart, Email: thumm@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Eine angepasste Stickstoffdüngung ist neben der Nutzungshäufigkeit die wichtigste Steuerungsgröße für Menge und Qualität von Grünlandaufwüchsen und Grundlage einer umweltgerechten Bestandesführung (NEVENS und REHUEL, 2003). Unter dem Aspekt einer effektiven Nutzung des im jahreszeitlichen Verlauf variierenden Leistungspotentials von Grünland kommt dabei der Frage einer optimierten Düngerverteilung besondere Bedeutung zu. Bei Schnittnutzungssystemen steht meist der qualitativ hochwertige 1. Aufwuchs im Vordergrund, während bei Weidenutzung die N-Düngung für die Steuerung des Futterzuwachses während der Vegetationszeit eingesetzt wird.

Aufgrund der hohen Bodenstickstoffvorräte unter Dauergrünland werden die N-Düngungseffekte allerdings oft durch die Freisetzung pflanzenverfügbaren N aus dem Humus durch witterungsgesteuerte Mineralisierungsvorgänge überlagert (GILL *et al.*, 1995, WHITEHEAD, 2000).

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Oberer Lindenhof der Universität Hohenheim (700 m ü. NN, Jahresmitteltemperatur 6,9° C, Jahresniederschlagssumme 938 mm) wurde 2004 ein mehrfaktorieller Feldversuch mit 4 Wiederholungen angelegt.

Tab. 1: N-Düngungsmenge und -verteilung (KAS)

N-Variante	N- Düngung (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)	N-Düngeraufteilung 1.- bis 4. Gabe (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)
1	0	0 - 0 - 0 - 0
2	40	40 - 0 - 0 - 0
3	80	40 - 40 - 0 - 0
4	120	40 - 40 - 40 - 0
5	160	40 - 40 - 40 - 40
6	160	20 - 60 - 60 - 20
7	160	0 - 40 - 60 - 60
8	160	60 - 60 - 40 - 0
9	200	60 - 60 - 40 - 40

Im Frühjahr wurde eine weidelgrasbetonte Saatmischung (GSWI) mit 59% *Lolium perenne*, 19% *Phleum pratense*, 13% *Poa pratensis*, 9% *Trifolium repens* und als 2. Variante die GSWI-Mischung ohne Weißklee angesät. In 9 verschiedenen N-Varianten wurde der Einfluss von N-Düngungsmenge und Aufteilung der Jahresgabe geprüft (Tab. 1).

Nach Abschluss der Etablierungsphase konnte ab 2005 die N-Düngung (KAS) bei 4 Schnittnutzungen pro Jahr nach Plan durchgeführt werden. Datenerfassung und Analysen erfolgten nach den gängigen Standardmethoden.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind die Ertragsanteile der beiden Saatmischungen bei variiertem N-Düngung im 1. Aufwuchs 2007 dargestellt.

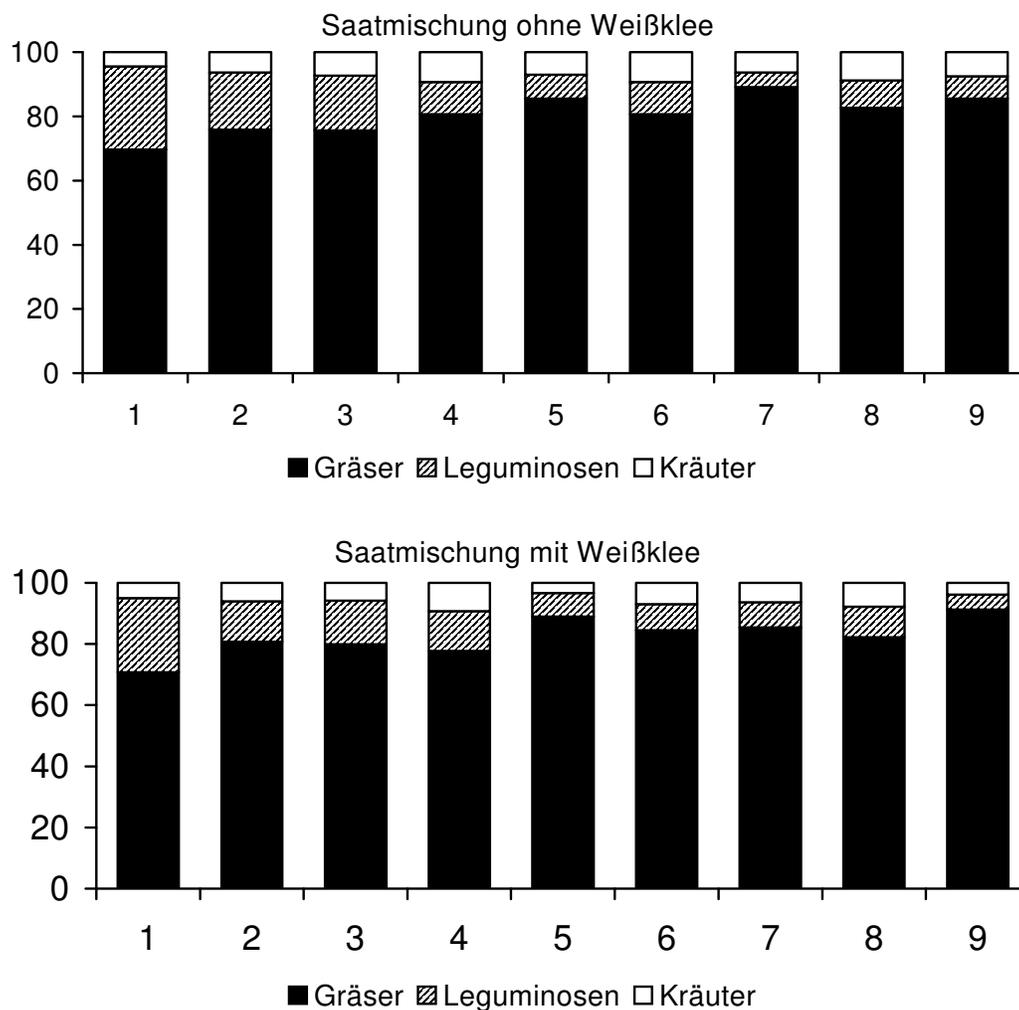


Abb. 1: Ertragsanteile (%) im 1. Aufwuchs 2007, N-Variante 1 bis 9

Wie zu erwarten war sind die Leguminosenanteile mit ca. 25% ohne N-Düngung in Variante 1 am höchsten und gehen mit steigendem N-Einsatz zurück. Auffällig ist, dass die Leguminosenanteile 2007 nicht mehr durch die Saatmischung geprägt sind. Am Standort spontan auftretender Weißklee hat schon bald nach der Ansaat den Einfluss der unterschiedlichen Saatmischungen egalisiert. Im weiteren Verlauf werden daher nur die Ergebnisse für die Standardsaatmischung mit Weißklee dargestellt. Der Anteil nicht angesäeter Kräuter (überwiegend *Taraxacum officinale*) bleibt mit < 10 % relativ gering. Höhere Leguminosenanteile führen hier meist zu niedrigeren Kräuteranteilen.

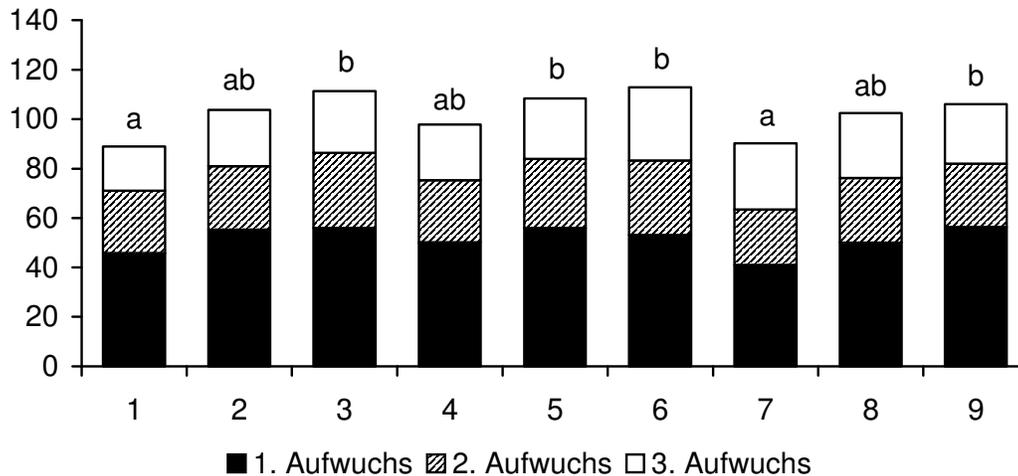


Abb. 2: TM-Ertrag (dt ha⁻¹) im Jahr 2006 (Buchstaben markieren signifikante Unterschiede des Gesamtertrages für $\alpha=0,05$. Der 4. Aufwuchs wurden aufgrund geringer Erntemengen nicht erfasst)

Unter den gegebenen Standortsbedingungen war ein N-Düngungseffekt im 3. Versuchsjahr teilweise auch bei höheren Gaben nicht signifikant (Variante 7, 8). Schon mit einer frühjahrsbetonten N-Düngung von 80 kg ha⁻¹ (Variante 3) konnte ein ähnliches Ertragsniveau wie bei Variante 5, 6 und 9 (160 bzw. 200 kg ha⁻¹) erreicht werden (Abb. 2).

Sommer- bzw. herbstbetonten Düngung (Variante 7) führte zu niedrigeren TM-Erträgen. Hierfür war, wie bei der ungedüngten Variante 1, der geringere Ertrag im 1. Aufwuchs verantwortlich.

Der Einfluss der Düngung auf die Futterqualität blieb insgesamt relativ klein (Tab. 2). Bemerkenswert ist hier allerdings der niedrigere RP-Gehalt in Variante 7. Durch das kleinere N-Angebot im Frühjahr blieb hier der N-Gehalt im Aufwuchs niedriger. Ohne oder bei mäßiger Düngung (Variante 1-3) lagen die RP-Gehalte durch die höheren Leguminosenanteile auf ähnlichem Niveau wie bei höherer N-Düngung.

Sommer- bzw. herbstbetonte Anwendung und höhere Düngergaben hatten eine sehr niedrige N-Effizienz zur Folge. Höchste N-Effizienz konnte bei frühjahrsbetonten N-Gaben erzielt werden (Variante 2 und 3).

Tab. 2: Rohprotein- und Rohfasergehalte im Aufwuchs (2006) sowie N-Effizienz (TM-Mehrertrag gegenüber Nullvariante pro gedüngtem kg N)

N-Variante	RP %	RF %	N-Effizienz dt kg ⁻¹
1	15,9	23,0	-
2	15,9	23,3	0,37
3	16,0	24,1	0,28
4	15,7	23,8	0,07
5	15,5	23,8	0,12
6	15,0	24,0	0,15
7	14,6	23,3	0,01
8	15,0	24,3	0,08
9	15,6	24,1	0,09
GD $\alpha=0,05$	0,74	1,30	--

Schlussfolgerungen

Ohne N-Düngung kann der angesäte bzw. spontan auftretende Weißklee zusammen mit der Nachlieferung aus dem Boden an diesem Standort eine mittlere Ertragsleistung gewährleisten. Der Einfluss der N-Düngung auf Ertrag und Inhaltsstoffe bleibt daher insbesondere bei höheren Gaben begrenzt. Eine moderate frühjahrsbetonte N-Düngung erwies sich als besonders effizient und ist daher aus ökonomischen und ökologischen Gründen günstig zu bewerten.

Literatur

- GILL, K., JARVIS, S.C., HATCH, D.J. (1995): Mineralization of nitrogen in long-term pasture soils: effects of management. *Plant and Soil* 172, 153-162.
- NEVENS, F. & REHUEL, D. (2003): Effects of cutting or grazing grass swards on herbage yield, nitrogen uptake and residual soil nitrate at different levels of N fertilization. *Grass and Forage Science* 58, 431-439.
- WHITEHEAD, D.C. (2000): Nutrient elements in grassland. CAB International, Wallingford, UK.

Zur Bedeutung punktueller N-Einträge für unterschiedlich intensive Weidesysteme

M. Kayser¹, H.-P. König¹, B. Landwehr¹ und J. Isselstein²

¹Forschungs- und Studienzentrum Weser-Ems, Universität Göttingen, Driverstraße 22, 49377 Vechta; Email: Manfred.Kayser@agr.uni-goettingen.de

²Graslandwissenschaft, Dept. für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Von-Siebold Str. 8, 37075 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Die N-Effizienz von Weideverfahren hängt nicht zuletzt von den N-Verlusten an konzentrierten Eintragsstellen wie Harnflecken, Tränke- und Fütterungsbereichen ab. Dabei haben die Eintragsstellen je nach Intensität der Beweidung und Höhe der N-Düngung eine unterschiedliche Bedeutung für das Gesamtsystem. Vorge stellt werden Harnflecken und funktionale Bereiche bei der extensiven Winterweide, die mit Werten intensiverer Sommerbeweidung und unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen ergänzt und verglichen werden. Dadurch sind Schlüsse auf die Folgen für die Umwelt und die Entwicklung der Grasnarbe möglich.

Material und Methoden

Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen aus verschiedenen Versuchen, die in KÖNIG (2002), LANDWEHR (2002) und KAYSER (2003) näher beschrieben sind. Es handelte sich dabei um simulierte Harnflecken mit künstlichem Harn, die an drei Terminen im Winter auf einer Weide (KÖNIG, 2002), oder an 6 Terminen von Mai bis Oktober im Parzellenmaßstab angelegt wurden (LANDWEHR, 2002); im dritten Fall wurde Kuhharn im Sommer und Herbst auf kleine Lysimeter ausgebracht (KAYSER, 2003). Auf der Winterweide wurden die Harnflecken in zeitlichem Abstand von von 2 Stunden, 2 Wochen und dann regelmäßig alle 4 Wochen auf N_{min} beprobt. Im folgenden Frühjahr und Sommer wurden die Beprobungsflächen an drei Terminen geschnitten und der Trockenmasseertrag und N-Ertrag bestimmt. Parallel wurden auf den mit zwei unterschiedlichen Besatzstärken (1 und 2 Tiere/ha; dreifache Wiederholung) beweideten Flächen die N_{min}-Gehalte an den Futterplätzen und Tränken und der Weide untersucht. Auf dem Parzellenversuch war eine Saugkerzenanlage zur Gewinnung des Sickerwassers im Winterhalbjahr installiert. In den Kleinlysimetern konnte das Sickerwasser direkt gewonnen werden. Wie im Feldversuch wurden die Erträge durch regelmäßige Schnitte bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Zeitpunkt der Entstehung von punktuellen Einträgen

Bei Beweidung treten punktuelle Belastungen durch Stickstoff unter Harnflecken auf der Weidefläche auf aber ebenso im Bereich der Tränken, Futterstellen und Wege. Zeitpunkt der Entstehung der N-Einträge sowie die Besatzstärke sind entscheidende Faktoren für die Gesamtbelastung des Systems. Im Laufe der Weidesaison werden je Kuh etwa 1000 m² mit Harnflecken bedeckt, das entspricht je nach Besatzstärke einem Anteil von 15-30% der Fläche. Die Nitratauswaschung bei Weidenutzung lässt sich recht gut anhand der zu erwartenden Harnausscheidungen der Tiere abschätzen. Neben der Aufnahme von N in die Pflanze und der N-Auswaschung sind NH₃-Verflüchtigung, Denitrifikation und mikrobielle N-Immobilisation weitere Verlustpfade bzw. Senken für die N-Ausscheidungen.

Tabelle 1 zeigt einige Effekte des konzentrierten N an simulierten Harnflecken. Die Harnflecken wurden durch Schneiden genutzt, wobei die Ausnutzung des Stickstoffs potentiell überschätzt wird, da Meidung durch die Weidetiere und auch Beeinträchtigungen von Narbe und Wurzeln nicht berücksichtigt werden.

Tab. 1: Die Ausnutzung und Folgeeffekte von N in simulierten Harnflecken angelegt von Mai bis Februar. Parzellenversuch; Mittel aus 2 Jahren, Saugkerzen (LANDWEHR, 2002); Winterweide; einjährige Daten; Nmin <60 cm verlagert, wird als Verlust angenommen (KÖNIG, 2002). ANR ist die scheinbare N-Ausnutzung.

Termin Harnfleck	Nmin (0-90 cm)			Harn-N ausgewaschen [§] [%]	ANR [%]	ANR (folg. Frühjahr) [%]
	Herbst (Okt.) [kg/ha]	Winter (9. Febr.) [kg/ha]	Frühjahr (März/April) [kg/ha]			
Parzellenversuch:	Input 160 kg N + 600 kg Harn-N					(1. Schnitt)
Kontrolle	21		32			
Mai	69		75	3	41	
Juni	104		43	7	36	
Juli	119		38	9	31	
August	181		44	30	18	
September	338		63	45	10	7
Oktober	465		178	45	5	11
Winterweide:	Input 0 N + 600 kg N Harn N					(3 Schnitte)
Kontrolle	18	20	24			
November (23.)	158 [#]	451	211	61		13
Januar (4.)		605	360	42		16
Februar (22.)		216 [#]	548	5-10		21

[§] bezogen auf eine Sickerwassermenge von 280 mm im Winterhalbjahr

[#] am Tag der Ausbringung

Sowohl bei den Nmin-Werten, dem Anteil des im Winter ausgewaschenen Harn-N und bei der Ausnutzung durch verstärktes Pflanzenwachstum lassen sich zwei zeitliche Trennungslinien ausmachen (Tab. 1). Die N-Ausnutzung durch die Pflanzen liegt von Mai bis Juli auf einem Niveau von 40-30% und fällt ab August auf deutlich unter 20% ab, verbunden mit dann auch wesentlich höheren Auswaschungsverlusten. Der Anteil des im folgenden Winter ausgewaschenen Harn-N liegt bei Harnflecken vom Mai-Juli bei etwa 5-10% und bei Harnflecken vom August-November bei 35-60%. Ab Januar werden die Auswaschungsverluste nach einer Harnapplikation wieder geringer und die N-Ausnutzung ist deutlich erhöht. Die niedrige Effizienz des im Oktober und No-

vember ausgebrachten Harn-N kann nur zu einem geringen Teil durch Aufnahme in die Pflanzen im Frühjahr kompensiert werden.

Bei der Winterweide können eingestreute Funktionsbereiche als temporäre N-Speicher angesehen werden. In den Untersuchungen von KÖNIG (2002) mit Besatzstärken von 1 bzw. 2 Rindern/ha kam es unter Mistmatten an Futterstellen zu hohen Nmin-Gehalten von bis zu 900 kg N/ha im Boden (im Mittel 300-500 kg N/ha), die vorwiegend als NH₄ vorlagen und erst nach Räumung der Futterstellen in Form von Nitrat verlagert wurden. Die Belastung der Tränkeplätze war mit 120 kg N/ha deutlich geringer, der Nitratanteil lag hier allerdings bei 55%. Weide und unbeweidete Kontrolle wiesen Werte von etwa 25 kg N/ha auf. Untersuchungen des Grundwassers (1.5-2 m) zeigten die höchsten Nitratkonzentrationen unter den Tränken (65 mg NO₃-N/l) und Futterstellen (49 mg/l) und sehr niedrige Werte für die Weidebereiche (1.5 mg/l). Für die Weidefläche wurde der potentiell ausgewaschene Harn-N auf 4-5 kg N/ha für die höhere und niedrige Besatzstärke errechnet, wobei dann 3-7% der Fläche mit Harnstellen bedeckt sind. Die Tiere der höheren Besatzstärke nahmen mehr Zufutter auf; das angebotene Futter hatte eine niedrigere Energiekonzentration und geringere N-Gehalte als das zur Verfügung stehende Weidegras.

Einflüsse der Weidenarbe auf N unter Harnflecken

Neben dem Zeitpunkt der Entstehung haben auch Düngung und Bearbeitung sowie Dichte und Zusammensetzung der Narbe einen Einfluss auf die N-Effizienz und die N-Verluste unter Harnflecken.

Tab. 2: Verbleib des Harn-N nach Applikation im Sommer und Herbst im Aufwuchs während der Vegetationsperiode, im Sickerwasser, im Aufwuchs des folgenden Frühjahrs (2 Schnitte) und in Wurzeln und dem heißwasserlöslichen Anteil des Bodenstickstoffs (HWN); Kleinlysimeter (KAYSER, 2003). Angaben zu gasförmigen Verlusten von Harn-N aus der Literatur.

Harnfleck	Düngung	N Ertrag [%]	N Auswaschung [§] [%]	N Ertrag im folg. Frühjahr [%]	Wurzeln, HWN [%]	Gasförmige Verluste [%]
Juli	0 N	42	3.2	3	4.3	
	0 N+Weißklee	20	5.2	10	1.6	
	KAS 320 kg N	32	2.7	7	2.3	NH ₃ : 4 -20%
Oktober	0 N		19.2	13	4.3	N ₂ O: 1.5 - 10%
	0 N+Weißklee		13.7	12	11.3	
	KAS 320 kg N		8.5	13	7.9	

[§] Sickerwassermenge mit 180 mm relativ niedrig; bei 280 mm lägen die Anteile an Harn-N bei 4.3 – 28.0 %

Der geringere Einbau von Harn-N aus im Herbst entstandenen Harnflecken in Pflanzenmasse wird zum Teil durch Immobilisation im Boden und in Wurzeln kompensiert, führt aber dennoch zu deutlich höheren Auswaschungsverlusten gegenüber Harnflecken vom Sommer (Tab. 2). Generell können die, hier nicht untersuchten, gasförmigen Verluste je nach Witterung, Besatzstärke und N-Düngung erheblich sein. Grundsätzlich sind auch im Sommer N-Verluste mit dem Sickerwasser möglich. Gerade unter sehr lockeren Narben (0 N) und bei sehr hohen Anteilen an Weißklee, mit einer gegenüber Gras geringeren Wurzeldichte und einer gröberen Wurzelarchitektur, kann es zu verstärktem Makroporenfluß kommen. Weißklee gras (>40% Klee) zeigte eine gegenüber den gedüngten (KAS 320) und lockeren Narben (0 N) geringere Ausnutzung des Harn-N im Sommer. Die lockeren Narben konnten auf das N-Angebot im Sommer

noch mit verstärktem Pflanzwachstum reagieren, das war im Herbst nicht mehr der Fall und führte zu erhöhten N-Verlusten. In Klee gras-basierten Systemen mit geringer N Düngung ist die N Dynamik durch selbstregulierende Abläufe (LOISEAU *et al.*, 2001) und räumliche und zeitliche Variation der Kleegehalte geprägt. Zu den Faktoren, die die N₂-Fixierung beeinflussen, gehören unter anderem die Konkurrenz durch Gräser und der Gehalt an mineralischem N im Boden. Unter Harnflecken werden diese Mechanismen überlastet und es kommt je nach Kleeanteil und Besatzstärke zu einer erhöhten N-Auswaschung. Dennoch kann man in der Regel bei moderat gedüngten Klee grasbeständen mit mittleren Kleeanteilen von einer N- Auswaschung ausgehen, die geringer ist als in hoch mit mineralischem N versorgten Beständen (KLEMP, 1997). Bei intensiver Beweidung von Klee grasbeständen kehrt mehr N über Exkreta in den Kreislauf zurück, während bei extensiver Weide, die Seneszenz von Wurzel- und Pflanzenteilen und die Mineralisation die größere Rolle im N-Kreislauf spielen.

Schlussfolgerungen

Bei Beweidung treten punktuelle Belastungen durch Stickstoff unter Harnflecken auf aber ebenso an Tränken, Futterstellen und Wegen. Zeitpunkt der Entstehung der Harnflecken sowie die Besatzstärke und N-Düngung sind entscheidende Faktoren für die Gesamtbelastung des Systems. So können bei extensiver Winterrassenhaltung zwar punktuell hohe Verluste entstehen, die aber in ihrer Summe von geringerer Bedeutung sind oder, wie an Futterstellen, in Mistmatten konserviert werden können. In intensiveren Weidesystemen führt in der zweiten Hälfte der Weidesaison eine Beweidung zu einer geringeren Effizienz des Harn-N und einer höheren N-Auswaschung, was durch eine entsprechend hohe Intensität der Nutzung im Frühjahr und Frühsommer ausgeglichen und durch eingeschobene Schnittnutzungen verbessert werden kann.

Literatur

- KAYSER, M. (2003): Nitrogen and potassium leaching from grassland: the effect of fertilizer regime and application of cattle urine. Göttinger Agrarwissenschaftliche Berichte. Band 14. excelsior p.s.
- KLEMP, L. (1997): Ermittlungen zum Nitrataustrag aus Dauergrünland unter Weidenutzung auf flussmarsch unter besonderer Berücksichtigung von Exkrementstellen. Dissertation, Gesamthochschule Kassel.
- KÖNIG, H.-P. (2002): Stickstoffumsatz und Nmin-Anreicherung auf Grünland während des Winters bei ganzjähriger Außenhaltung von Fleischrindern. Dissertation, Universität Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- LANDWEHR, B. (2002): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Mähweiden in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung und dem Weidenutzungsanteil mit besonderer Betrachtung der N-Dynamik an Harneintragsstellen. Dissertation, Universität Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- LOISEAU, P., CARRERE, P., LAFARGE, M., DELPY, R., DUBLANCHET, J. (2001): Effect of soil-N and urine-N on nitrate leaching under pure grass, pure clover and mixed grass/clover swards. European Journal of Agronomy 14, 113-1121.

Stickstoffaufnahme von Klee-Gras Beständen in Abhängigkeit des Kleeanteils und der N-Düngung

O. Huguenin-Elie¹, D. Nyfeler^{1,2}, E. Frossard² und A. Lüscher¹

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046; Email: olivier.huguenin@art.admin.ch

²Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, Eschikon 33, CH-8315 Zürich

Einleitung und Problemstellung

Die in Symbiose zwischen Leguminosen und Knöllchenbakterien ablaufende symbiotische N₂-Fixierung stellt für den Futterbau eine Alternative dar zum Einsatz hoher N-Düngermengen. In der Schweiz sind deshalb Futterleguminosen in allen Standardmischungen für Ansaatwiesen enthalten. In weiten Regionen Europas wird jedoch der Anbau von hoch mit N gedüngten Reinbeständen ertragreicher Futtergräser dem Anbau von Klee-Gras-Mischungen oft vorgezogen. Der Grund dafür ist, dass Klee-Gras-Mischungen als weniger produktiv betrachtet werden und/oder weil es schwierig ist, den Kleeanteil in den Mischungen zu steuern. Dennoch stellen die steigenden N-Düngerpreise und die durch den Einsatz von mineralischen N-Düngern verursachten Umweltlasten eine effiziente Nutzung der N₂-Fixierung ins Zentrum eines kosteneffektiven und ressourcenschonenden Futterbaus. Um eine optimale Futterproduktion mit Klee-Gras-Mischungen und eine effiziente Nutzung der symbiotischen N₂-Fixierung zu vereinen, müssen die Wechselwirkungen zwischen Kleeanteil, Biomasseproduktion, N₂-Fixierung und N-Düngung besser bekannt sein.

Material und Methoden

In einem Feldversuch wurde eine Reihe von Reinkulturen und Mischungen aus *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* mit einem unterschiedlichen Kleeanteil (gemäss einem Simplex Design; Cornell, 2002) angesät. Der Kleeanteil in den Saadmischungen deckte den Bereich von 0 bis 100% Klee ab (Tab. 1). Die Parzellen wurden mit entweder 50, 150 oder 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹ als Ammoniumnitrat gedüngt (als N50, N150 bzw. N450 bezeichnet). Die symbiotische N₂-Fixierung wurde mit Hilfe der ¹⁵N-Isotopenanreicherungsmethode gemessen. Die in diesem Artikel dargestellten Ergebnisse stammen aus dem zweiten Versuchsjahr nach der Ansaat.

Tab. 1: Relative Anteile (in %) der vier Arten in den Saatmischungen. Lp: *Lolium perenne*, Dg: *Dactylis glomerata*, Tp: *Trifolium pratense*, Tr: *Trifolium repens*

fett: Mischungen bei allen drei N-Düngungsstufen. Nicht fett: zusätzliche Mischungen bei 150 kg N ha⁻¹ J⁻¹.

	Zusammensetzung der Saatmischungen (Lp/Dg/Tp/Tr)			
Reinkulturen	(100/0/0/0)	(0/100/0/0)	(0/0/100/0)	(0/0/0/100)
Zwei Arten, ausgeglichen	(50/50/0/0)	(50/0/50/0)	(50/0/0/50)	
	(0/50/50/0)	(0/50/0/50)	(0/0/50/50)	
Vier Arten, extrem dominiert	(90/3/3/3)	(3/90/3/3)	(3/3/90/3)	(3/3/3/90)
Vier Arten, dominiert	(70/10/10/10)	(10/70/10/10)	(10/10/70/10)	(10/10/10/70)
Vier Arten, co-dominiert	(40/40/10/10)	(40/10/40/10)	(40/10/10/40)	
	(10/40/40/10)	(10/40/10/40)	(10/10/40/40)	
Vier Arten, ausgeglichen	(25/25/25/25)			

Ergebnisse und Diskussion

Der N-Gehalt in den Gräsern ist mit einem Anstieg des Kleeanteils im Bestand in allen drei N-Düngungsstufen linear angestiegen (Abb. 1a, für *D. glomerata*). Zwischen den Grasreinkulturen und den Mischungen mit 80% Klee betrug dieser Anstieg im 1. Aufwuchs zirka 10 g N kg⁻¹ TM. Dies war vergleichbar mit dem Effekt auf den N-Gehalt, der in Grasreinkulturen mit einer Erhöhung der N-Düngung von 50 auf 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹ erzielt wurde (Abb. 1a). Der N-Gehalt in den Kleepflanzen war vom Kleeanteil im Bestand und von der N-Düngung nicht beeinflusst (Resultate nicht gezeigt). In der Kleepflanze nahm jedoch der Anteil an N aus der symbiotischen N₂-Fixierung (%-Nsym) mit steigendem Kleeanteil stark ab (Abb. 1b, für *T. repens*). Dieser Effekt war stärker bei N450 als bei den anderen N-Verfahren. Auch eine Erhöhung der N-Düngung von 150 auf 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹ führte in der Kleepflanze zu einer markanten Abnahme von %-Nsym.

Der Ertrag der Mischungen war bei allen drei N-Verfahren deutlich höher als derjenige der Reinkulturen (Abb. 2a; NYFELER *et al.*, 2008). Der Ertrag an Gesamtstickstoff war bei ausgeglichenen Mischungen bis zu 4,5 mal (N50) respektive 2,5 mal (N150) höher als in den Grasreinkulturen (Abb. 2b). Bei N50 stieg die Menge an geerntetem Symbiose-N (kg-Nsym) bis zu einem Kleeanteil im Bestand von 80 – 90% stark an (Abb. 2b). Dagegen stieg kg-Nsym bei N150 und N450 nur bis zu einem Kleeanteil von 60% respektive 50% an. Bei diesen zwei N-Düngungsstufen nahm kg-Nsym mit weiter steigenden Kleeanteilen im Bestand sogar ab. Dies wegen der starken Abnahme des Anteils an Nsym in der Kleepflanze (%-Nsym) zu Gunsten von N aus dem Dünger oder dem Boden. Bis zu einem Kleeanteil von 50% war die geerntete Menge an kg-Nsym bei den beiden Verfahren N50 und N150 ähnlich. Die symbiotische N₂-Fixierung wurde also von den zusätzlich gedüngten 100 kg N ha⁻¹ J⁻¹ nicht wesentlich beeinflusst, wenn die Kleepflanzen in Gesellschaft mit Gräsern gewachsen sind

(Abb. 1b und 2b). Hingegen war kg-Nsym bei N450 schon bei tiefen Kleeanteilen im Bestand reduziert im Vergleich zu den zwei anderen Düngungsstufen.

Die sehr hohen Werte von %-Nsym von über 90% (Abb. 1b) zeigen, dass bei N50 und N150 die Gräser bis zu einem Kleeanteil von 50 – 60% den verfügbaren mineralischen Stickstoff im Boden sehr gut ausräumten und deshalb der Klee kaum Boden- und/oder Dünger-N zur Verfügung hatte (HARTWIG, 1998). Dies bestätigt auch die Menge an Stickstoff, die von den Beständen als Summe der drei mineralischen Quellen Dünger-N, Boden-N und Transfer-N geerntet wurde (Abb. 2b). Die geerntete Menge aus diesen N-Quellen war bei den ausgeglichenen Mischungen grösser als bei den Grasreinkulturen, weil der Ertrag an Gesamtstickstoff mit steigendem Kleeanteil bis 50 – 60% Klee tendenziell schneller anstieg als kg-Nsym (Abb. 2b). Gemäss den Regressionen war der Unterschied zwischen Grasreinbeständen und Mischungen bezüglich dieser Menge bei zirka 50% Klee am Höchsten und erreichte bis zu $140 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$ bei N50. Das muss bedeuten, dass die Mischungen mehr Boden- und Dünger-N aufgenommen haben als die Grasreinkulturen und/oder, dass der N-Transfer in diesen Mischungen höher war als die Menge, die in einem Versuch mit *T. repens* und *L. perenne* gemessen wurde ($27 - 61 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$, ZANETTI *et al.*, 1997). Diese Resultate und die Tatsache, dass der Kleeanteil für den maximalen Ertrag tiefer lag als der Kleeanteil für die maximale symbiotische Fixierungsleistung (kg-Nsym) zeigt die grosse Bedeutung der Gräser für die Aufnahme des verfügbaren mineralischen Stickstoffs. Mit weniger als etwa 40 – 50% Gräser im Bestand wurde zwar vom Klee viel N fixiert, was sich aber nicht in einem entsprechenden Mehrertrag ausdrückte.

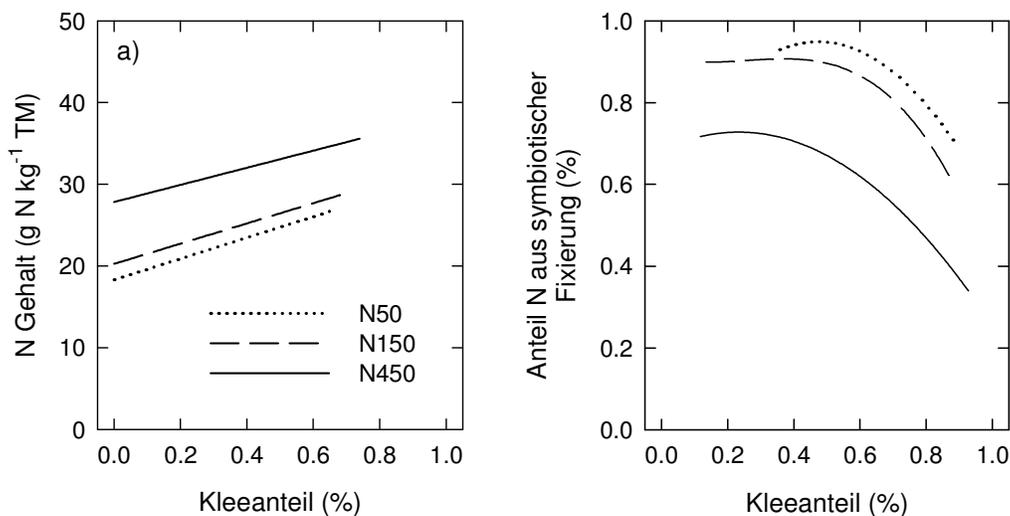


Abb. 1: Einfluss des Kleeanteils und der N-Düngung auf a) den Gehalt an Gesamtstickstoff von *Dactylis glomerata* und b) den Anteil an Stickstoff aus der symbiotischen N_2 -Fixierung in *Trifolium repens* (%-Nsym). Daten für den ersten Aufwuchs. Gezeigt sind Regressionen aus $n=39$ Messpunkten für N150 und $n=12$ Messpunkten für N50 und N450 (Adjusted R^2 für N50, N150 und N450 in a): 0,72, 0,28 und 0,82, und in b): 0,71, 0,57 und 0,30).

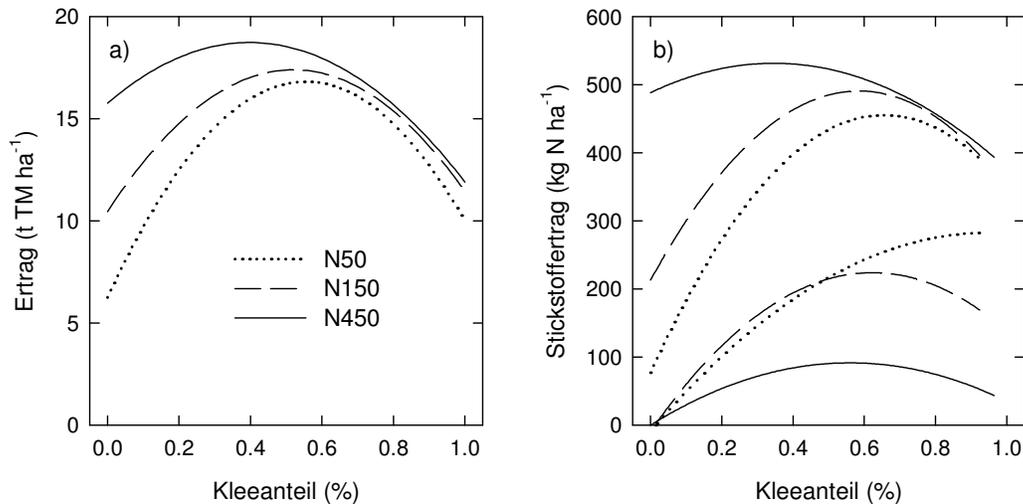


Abb. 2: Einfluss des Kleeanteils und der N-Düngung auf a) den Biomasse-Ertrag und b) den Ertrag an Gesamt-N (obere 3 Kurven) und an Symbiose-N (kg-Nsym, untere 3 Kurven) im zweiten Jahr. Die N-Menge zwischen den Kurven für Gesamt-N und kg-Nsym zeigt die geerntete N-Menge aus den drei Quellen Dünger-N, Boden-N und Transfer-N. Gezeigt sind Regressionen aus $n=50$ Messpunkten für N150 und $n=18$ für N50 und N450 (Adjusted R^2 zwischen 0,45 und 0,87 ausser für Gesamt-N bei N450 mit $R^2 = 0,09$).

Schlussfolgerungen

Mit dem Anbau von ausgeglichenen Klee-Gras-Mischungen erreichte man gleichzeitig eine Verbesserung der N-Ernährung der Graspflanzen und eine optimale Nutzung der symbiotischen N_2 -Fixierungsleistung der Kleepflanzen. Dadurch wurden mit Mischungen deutlich höhere Futtererträge und geerntete Gesamtstickstoff-Mengen erzielt als mit Gras- oder Klee-Reinkulturen. Bei einer N-Düngung von bis zu 150 kg N ha^{-1} nahmen die Mischungen mit mindestens 40 - 50% Gräsern im Bestand den verfügbaren Stickstoff im Boden mindestens gleich gut auf wie die Grasreinkulturen. Mit weniger als 40 – 50% Gräser im Bestand wurde zwar viel N fixiert, was aber auch bei einer N-Düngung von nur $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$ nicht ertragsrelevant war.

Literatur

- NYFELER, D., HUGUENIN-ELIE, O., SUTER, M. FROSSARD, E. & LÜSCHER, A. (2008): Well-balanced grass-legume mixtures with low nitrogen fertilization can be as productive as highly fertilized grass monocultures. *Grassland Science in Europe* 13, 197-199.
- HARTWIG, U.A. (1998): The regulation of symbiotic N_2 fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1, 92-120.
- ZANETTI, S., HARTWIG, U., VAN KESSEL, C., LÜSCHER, A., HEBEISEN, T., FREHNER, M., FISCHER, B., HENDREY, G., BLUM, H. & NÖSBERGER, J. (1997). Does nitrogen nutrition restrict the CO_2 response of fertile grassland lacking legumes? *Oecologia* 112, 17-25.

Stickstoffeffizienz von Schweizer Milchproduktionsbetrieben

H. Menzi

Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen, Email: harald.menzi@shl.bfh.ch

Einleitung

Stickstoff (N) hat in der Landwirtschaft und besonders auf Tierhaltungsbetrieben eine zentrale Bedeutung. Zum einen hat er im Pflanzenbau einen wesentlichen Einfluss auf den Ertrag und zum andern sind N-Einträge in Gewässer (vor allem Nitratauswaschung) und Atmosphäre (vor allem Ammoniak - NH_3 - und Lachgas) wichtige Umweltauswirkungen der Landwirtschaft. Ziel einer umweltbewussten Landwirtschaft muss es sein, mit so geringen N-Verlusten wie möglich gute Erträge zu erzielen. Eine verlustfreie Landwirtschaft ist grundsätzlich nicht möglich, jedoch könnten auf den meisten Betrieben die Verluste durch einen bewussten Umgang mit N und besonders durch einen vorsichtigen und gezielten Umgang mit Gülle und Mist noch deutlich reduziert werden.

Die gebräuchlichste Methode zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit der Düngung ist die Nährstoffbilanzierung (Menzi und Gerber, 2006). Die Beurteilung der Phosphor- und Kalibilanz ist relativ einfach, da in der Regel keine Verluste und keine natürlichen Einträge berücksichtigt werden. Wesentlich schwieriger ist die Beurteilung der N-Bilanz. Einerseits sind auch bei guter landwirtschaftlicher Praxis Verluste durch NH_3 -Verflüchtigung, Denitrifikation und Nitratauswaschung unvermeidbar. Andererseits liefern N-Fixierung und N-Deposition erhebliche und schwer quantifizierbare Einträge. Zusätzlich erschwerend ist, dass der organisch gebundene Stickstoff über längere Zeit mineralisiert werden muss.

Eine andere, bisher kaum angewandte Möglichkeit zur Beurteilung der N-Düngung ist die N-Effizienz, d.h. der Vergleich von N in landwirtschaftlichen Produkten mit dem N-Einsatz. Als Koeffizient oder in Prozenten ausgedrückt, zeigt die N-Effizienz welcher Anteil des eingesetzten N (sowohl in Produktionsmitteln wie als natürliche Einträge) in die Produkte geht und welcher Anteil "verloren geht" (unter der Annahme, dass in der Schweiz kaum eine Humusanreicherung stattfindet) und so potenziell die Umwelt belastet. Die Effizienz kann beispielsweise verwendet werden, um verschiedene Produktionssysteme zu vergleichen oder umweltrelevante Verbesserungen im Nährstoffmanagement aufzuzeigen (zum Beispiel JARVIS und MENZI, 2004).

Grundlagen für die Berechnung der N-Effizienz

Zur Beurteilung der N-Effizienz wurden auf der Basis der statistischen Angaben für das Jahr 2000 (BFS, 2002) für die ganze Schweiz sowie einzeln für das Tal-, Hügel- und Berggebiet (gemäss Produktionskatasterzonen) je ein durchschnitt-

licher Milchproduktionsbetrieb definiert. Die Angaben sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Sie wurden ergänzt mit Angaben zu den mittleren eingesetzten N-Dünger- und Kraftfuttermengen aus einer repräsentativen Umfrage Ende 2002 (REIDY *et al.*, 2007; MENZI *et al.*, 2008) sowie mit der mittleren Milchleistung gemäss Statistik des Bundesamtes für Landwirtschaft (persönliche Mitteilung).

Tab. 1: Angaben zu durchschnittlichen Milchproduktionsbetrieben in der Schweiz gemäss statistischen Angaben für das Jahr 2000. *Talgebiet* = Talzone plus erweiterte Übergangszone, *Hügelgebiet* = voralpine Hügelzone plus Bergzone 1, *Berggebiet* = Bergzonen 2-4.

Region	ganze Schweiz	Talgebiet	Hügelgebiet	Berggebiet
Landw. Nutzfläche (ha) ¹⁾	17	19.2	15.8	15.9
Grünland (ha) ¹⁾	13.4	11.5	13.3	15.4
Anteil Kunstwiesen am Grünland (%) ¹⁾	16.2	32.6	19.9	2.8
Silomais (ha) ¹⁾	0.58	1.18	0.44	0.04
GVE/ha Hauptfutterfläche ¹⁾	1.6	2.04	1.55	1.18
GVE Rindvieh ¹⁾	19.1	21.9	19.2	15.9
Milchkühe ¹⁾	14.7	17.9	14.7	13
Milchleistung (kg/Kuh/Jahr) ²⁾	6000	6300	5900	5500
Kraftfutter Milchkühe (kg/Kuh/Jahr) ³⁾	620	680	600	590
Kraftfutter anderes Rindvieh (kg/Tier/Jahr) ⁴⁾	250	250	250	250
Mineraldünger-N (kg/ha/Jahr) ³⁾	48	67	43	20

¹⁾ Statistische Angaben nach BFS (2002)

²⁾ Milchleistungsstatistik (Bundesamt für Landwirtschaft, persönliche Mitteilung)

³⁾ Repräsentative Umfrage (Reidy *et al.*, 2007; Menzi *et al.*, 2008)

⁴⁾ Persönliche Schätzung

Auf der Basis der Angaben in Tab. 1 konnte die Zu- und Wegfuhr von N pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche sowie die N-Effizienz berechnet werden. Als mittlerer Rohproteingehalt des Kraftfutters wurde 14 % angenommen. Als mittlere N-Fixierung wurden nach Boller und Nösberger (1987) pro Hektare Grünland 59 kg N angenommen. Für die N-Deposition wurde gestützt auf BUWAL (2005) ein gesamtschweizerisch ein mittlerer Wert von 25 kg N/ha verwendet, für das Tal-, Hügel- und Berggebiet 25, 30 und 15 kg N/ha.

Die gleichen Berechnungen wurden für zwei Gruppen von je neun Pionierbetrieben mit einer konsequenten Vollweidestrategie bzw. einer Hochleistungsstrategie aus dem Projekt Opti-Milch (Blättler *et al.*, 2004) gemacht. Zusätzlich wurde die Berechnung für den Versuchsbetrieb Waldhof durchgeführt. Der Waldhof erzielt mit einer konsequenten Vollweidestrategie an einem hoch produktiven Standort Flächenleistungen von bis über 16'000 kg Milch pro Hektare Futterfläche (THOMET *et al.*, 2004).

Mittlere N-Effizienz von Milchviehbetrieben in der Schweiz

Schweizer Milchviehbetriebe weisen im Tal- und Hügellgebiet durchschnittlich einen Bilanzüberschuss von rund 100 kg N/ha auf (Tab. 2). Allerdings nehmen sowohl Inputs wie Outputs mit steigender Höhe ab, insbesondere wegen abnehmendem Tierbesatz und geringeren Erträgen. Gesamtschweizerisch beträgt die N-Effizienz 28.6 %. Sie ist im Talgebiet (36.3 %) am besten und im Berggebiet (27.4%) am geringsten, weil die Produktivität pro Hektare mit steigender Höhe stärker zunimmt als die Inputs.

Tab. 2: Inputs, Outputs, Bilanz und Effizienz von Stickstoff (kg N/ha) von durchschnittlichen Milchproduktionsbetrieben in der Schweiz.

		ganze Schweiz	Talgebiet	Hügelgebiet	Berggebiet
Inputs	Kraftfutter	19	26	19	14
	Mineraldünger	48	67	43	20
	N-Fixierung	47	35	50	57
	Atmosphärische Deposition	25	25	30	15
Inputs total		139	153	142	106
Outputs	Milch	33	47	33	24
	Tiere	7	9	7	5
	Outputs total	40	56	40	29
Bilanz		99	98	102	76
N-Effizienz (%)		28.6%	36.3%	28.1%	27.4%

N-Effizienz bei verschiedenen Milchproduktionsstrategien

Die Vollweidebetriebe aus dem Projekt Opti-Milch erreichten eine N-Effizienz von 38 %, die Hochleistungsbetriebe 42 %. Durch das konsequente Umsetzen einer Strategie konnten somit die Effizienz im Vergleich zum Schweizer Mittel noch gesteigert werden. Der Versuchsbetrieb Waldhof erreicht die gleiche Effizienz wie die anderen Vollweidebetriebe, aber mit 50 % mehr Output.

Diskussion und Schlussfolgerungen

JARVIS und MENZI (2004) geben als Mittelwerte von sechs Milchproduktionsbetrieben in Südwest-England pro Hektare Nutzfläche Inputs von 366 kg N (Mineraldünger 261 kg N), Outputs von 59 kg N, einen Bilanzüberschuss von 307 kg N und eine N-Effizienz von 16 % an. Bei ungefähr gleichem Output sind somit die Inputs 2.4 mal (Dünger 3.9 mal) so gross wie die vergleichbaren Werte im Schweizer Talgebiet. Die Schweizer Milchproduktionsbetriebe erreichen somit im Vergleich eine vergleichsweise gute N-Effizienz. Mögliche Gründe sind das sorgfältige Wiesen- und Wirtschaftsdüngermanagement, die kleereichen Wiesen und Weiden, die günstigen klimatischen Bedingungen für den Futterbau sowie der deutlich geringere Einsatz von zugeführten Ressourcen. Zudem wurde der N-Einsatz in Form von Mineraldüngern seit der Einführung der neuen Agrarpolitik in den 90er-Jahren, welche die Einhaltung einer ausgewogenen N- und P-Bilanz verlangt, um rund 25 % reduziert (BÖTSCH, 2008), ohne dass erns-

te Ertragseinbussen sichtbar wurden. Ermöglicht wurde dies in erster Linie durch den wesentlich bewussteren Umgang mit Stickstoff. Die Mehrheit der Landwirte realisierte, dass eine optimale und verlustarme Düngung unter den gegebenen Voraussetzungen Ertragssteigerungspotenzial haben kann.

Zwischen einzelnen Betrieben bestehen grosse Unterschiede (nicht gezeigte Ergebnisse). Die eingesetzte Menge an Produktionsmitteln spielt eine wichtige Rolle. Noch grösser ist in der Regel jedoch der Einfluss des Anteils des Ackerbaus an der Nutzfläche, weil mit Tierhaltung wesentlich höhere unvermeidbare N-Verluste entstehen. Im Allgemeinen erzielt die Milchproduktion die bessere Effizienz als die Fleischproduktion. Wichtig sind aber auch die natürlichen Voraussetzungen. Mit abnehmender Höhe über Meer nimmt beispielsweise die Effizienz deutlich ab, weil die Flächenproduktivität geringer wird.

Die N-Effizienz ist ein interessantes Mass zur Beurteilung von Produktionssystemen. Allerdings braucht es weitere Untersuchungen um die Einflussgrössen noch besser zu verstehen und die Ergebnisse umfassender interpretieren zu können.

Literatur

- ANONYM (1998): Verordnung über den landwirtschaftlichen Produktionskataster und die Ausscheidung von Zonen.
- BFS (2002): Landwirtschaftliche Betriebszählung 2000. Bundesamt für Statistik, Neuenburg.
- BLÄTTLER, T., DURGIALI, B., KOHLER, S., KUNZ, P., LEUENBERGER, S., MÜLLER, R., SCHÄUBLIN, H., SPRING, P., STÄHLI, R., THOMET, P., WANNER, K., WEBER, A. & MENZI, H. (2004): Projekt Opti-Milch: Zielsetzung und Grundlagen. *Agrarforschung*, 11, 80-85.
- BOLLER, B. & NÖSBERGER, J. (1987): Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrass at low levels of 15N fertilization. *Plant and Soil*, 104, 219-226.
- BÖTSCH, M. (2008): Stellung des Futterbaus und der Milchproduktion in der Schweizerischen Agrarpolitik. Proc. AGG Jahrestagung, 28./29.8.2008, Zollikofen.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2005): Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. *Schriftenreihe Umwelt*, 384.
- JARVIS, S.C. & MENZI, H. (2004): Optimising best practice for N management in livestock systems: Meeting production and environmental targets. In Lüscher A., Jeangros B., Kessler W., Huguenin O., Lobsiger M., Milar N. and Suter D. (Eds.), *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions: Proc. 20th General Meeting of the EGF, Luzern, Switzerland, 21-24 Juni 2004*, 361-372.
- MENZI, H. & GERBER, P. (2006): Nutrient balances for improving the use-efficiency of non-renewable resources: experiences from Switzerland and Southeast. In Frossard E. et al. "Function of soils for human societies and the environment", *Special Publication of the Geological Society (London)*, 171-181.
- MENZI, H., KUPPER, T. & REIDY, B. (2008): Emissionsinventar für Ammoniak basierend auf einer repräsentativen Umfrage zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik. Proc. AGG Jahrestagung, 28./29.8.2008, Zollikofen.
- REIDY, B., RIHM, B. & MENZI, H. (2007): A new Swiss inventory on ammonia emissions from agriculture based on a stratified farm survey and farm-specific model calculations. *Atmospheric Environment*, 42, 3266-3276.
- THOMET, P., LEUENBERGER, S. & BLÄTTLER, T. (2004): Projekt Opti-Milch: Produktionspotenzial des Vollweidesystems. *Agrarforschung*, 11, 336-341.

Emissionsinventar für Ammoniak basierend auf einer repräsentativen Umfrage zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik

H. Menzi, T. Kupper, B. Reidy

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen, Email: harald.menzi@shl.bfh.ch

Einleitung

Die Ammoniakemissionen sind zurzeit in der Schweiz die wohl am intensivsten wahrgenommenen Umweltauswirkungen der Landwirtschaft. Nachdem sie in den 90er-Jahren, ausser in der Forschung, noch wenig Beachtung fanden, sind sich heute viele Landwirte bewusst, dass es sich bei limitiertem N-Einsatz (Nährstoffbilanzvorgaben) lohnen kann, durch den Einsatz emissionsarmer Gülleausbringverfahren, durch bewusste Wahl des Ausbringzeitpunktes und durch weitere Massnahmen die Verluste zu reduzieren (Menzi et al., 2005). Zudem müssen heute neue Güllelager gedeckt gebaut werden und verschiedene Kantone sind daran, Anreize für NH₃-emissionsmindernde Massnahmen und verbesserte N-Effizienz zu schaffen.

Im Rahmen des Göteborg Protokolls sind die Europäischen Staaten unter anderem verpflichtet, regelmässig über die Entwicklung der Ammoniakemissionen, welche zum grössten Teil aus der Landwirtschaft stammen, Bericht zu erstatten. Um auch relativ geringe Veränderungen im Laufe der Zeit richtig abbilden zu können, braucht es zuverlässige Inventarmethoden, welche die Emissionsprozesse richtig wiedergeben, den Einfluss emissionsrelevanter Faktoren differenziert berücksichtigen und auf aktuellen und detaillierten Aktivitätsdaten (Tierzahlen, Produktionstechnik etc.) beruhen. Auch für Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Ammoniakemissionen bzw. der Verluste von Stickstoff (N) braucht es zuverlässige Berechnungsinstrumente und detaillierte Kenntnisse bezüglich der aktuellen Produktionstechnik.

Die Schweiz war das erste Land, welches für das offizielle Emissionsinventar von Ammoniak (NH₃) ein Modell einsetzte, das auf der Simulation der N-Flusses der gesamten Hofdüngerkette basierte (Menzi und Katz, 1997). Damit können die komplexen Wechselwirkungen wesentlich besser berücksichtigt werden als mit Modellen, welche mit Emissionsfaktoren pro Tier arbeiten. Das damals berechnete Emissionsinventar für 1990 und 1995 beruhte für die Angaben zur Produktionstechnik auf Expertenannahmen (Menzi et al., 1997). Damit war es aber nicht möglich, räumlich differenzierte Angaben zu verwenden und die Entwicklung im Laufe der Zeit richtig abzubilden. Zudem könnten die Ergebnisse durch die Wahrnehmung der konsultierten Experten beeinflusst werden. Für das Emissionsinventar von 2000 wurde daher eine neue Methode entwickelt. Dabei wurden Informationen zu allen emissionsrelevanten und auf dem landwirtschaftlichen Betrieb bekannten Einflussgrössen mittels einer repräsentativen Umfrage ermittelt. Um die so gewonnen Informationen verarbeiten zu

können war eine Weiterentwicklung des Berechnungsmodells notwendig (REIDY et al., 2007a).

Für das zurzeit bearbeitete Emissionsinventar 2005-2007 wurde diese Methode weiter optimiert, um die Zuverlässigkeit und die Transparenz der Berechnungen weiter zu verbessern.

Allgemeines Vorgehen für die Erstellung des NH₃-Emissionsinventars

Unser Vorgehen umfasste die folgenden Hauptschritte:

1. Repräsentative Umfrage zur aktuellen Produktionstechnik.
2. Entwicklung eines Modells zur Berechnung der NH₃-Emissionen unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussgrößen und Interaktionen.
3. Einzelbetriebliche Emissionsberechnungen für jeden an der Umfrage beteiligten Betriebe.
4. Hochrechnung und räumliche Darstellung der Emissionen.
5. Differenzierte Interpretation der Ergebnisse bezüglich Entwicklung und Streuung der Emissionen, Emissionsminderungspotenzial usw.

Repräsentative Umfrage zur emissionsrelevanten Produktionstechnik

Ende 2002 wurde zum ersten Mal eine repräsentative Umfrage zur emissionsrelevanten Produktionstechnik in der Schweizer Landwirtschaft durchgeführt. Wir verwendeten eine repräsentative nach geografischen Regionen (3 Regionen), Höhenstufen (Tal, Hügel, Berg) und Betriebstypen (4 Typen) geschichtete Stichprobe von 3880 Betrieben. Bei einem Rücklauf 50 % konnten 1950 Betriebe in die Auswertungen einbezogen werden. In der zweiten Umfrage Ende 2007 umfasste die Stichprobe 6700 Betriebe und der Rücklauf betrug ebenfalls fast 50 %.

Die ausgewählten Betriebe erhielten per Post einen zwölfseitigen Fragebogen mit Fragen zu Aufstallungssystem, Hofdüngerlagerung, Hofdüngerausbringung, Weideführung, Fütterung, Verteilung der Hofdünger, Wassereinsatz usw. Der Fragebogen war so gestaltet, dass keine Nachforschungen oder Messungen notwendig waren und er üblicherweise in maximal einer Stunde ausgefüllt werden konnte. Bereits amtlich erfasste Daten (z.B. Tierzahlen) wurden nicht erfragt, sondern vom Bundesamt für Statistik in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt und mit den Umfrageergebnissen kombiniert. Als Anreiz zur Beteiligung an der Umfrage wurde ein Wettbewerb mit Reisegutscheinen durchgeführt. Die Frageböden wurden automatisch eingelesen und die Ergebnisse umfassenden Plausibilitätstests unterworfen.

Modell zur Berechnung der NH₃-Emissionen

Das bis 2007 verwendete Model "DYNAMO" (Dynamische Ammoniakberechnung) war mit Excel und Visual Basic (VBA) programmiert. Für die Stufen Weide und Stall wurden Emissionsfaktoren in Prozent des Flusses an Gesamtstickstoff (N_{tot}) verwendet, für die Hofdüngerlagerung und -ausbringung solche in Prozent des löslichen Stickstoffs (TAN). Die rund 300 Einflussvariablen wurden in Form von Korrekturalgorithmen berücksichtigt.

DYNAMO konnte sowohl mit einer automatischen Schnittstelle für die Verarbeitung grösserer Datensätze wie mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche für einzelbetriebliche Berechnungen in der Praxis verwendet werden.

Im Rahmen des "European Gaseous Emissions Inventory Researchers Network (EAGER)" wurde DYNAMO mit anderen auf dem N-Fluss beruhenden Emissionsberechnungsmodellen aus England, Deutschland, Holland und Dänemark verglichen. Im Allgemeinen wurde, zumindest für Gülle, eine gute Übereinstimmung zwischen den Modellen festgestellt. Unterschiede konnten weitgehend mit unterschiedlichen Voraussetzungen und Eingabeparametern erklärt werden (Reidy et al., 2007b).

Zurzeit wird das neue Modell AGRAMMON zur Berechnung der NH₃-Emissionen entwickelt (Menzi et al., 2008). Es beruht grundsätzlich auf dem gleichen Vorgehen wie DYNAMO. Die darin verwendeten Grundlagen wurden dem neusten Wissensstand angepasst und umfassend dokumentiert. Das Modell wird auf dem Internet allgemein verfügbar sein. Es wird in der Wartung und Anpassung an neuste Erkenntnisse wesentlich einfacher sein als DYNAMO.

Erstellen des Emissionsinventars

Zur Erstellung des Emissionsinventars anhand der Umfrageergebnisse gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. Die produktionstechnischen Daten werden ausgewertet und die gewichteten Mittelwerte für einzelne Klassen und Regionen werden als Inputs für das Emissionsmodell verwendet.
2. Die Emissionsberechnung wird für die Einzelbetriebe durchgeführt und die gewichteten mittleren Emissionen pro Tierplatz werden für verschiedenen Klassen oder Regionen zur Hochrechnung der Emissionen verwendet.

Wir verwendeten die zweite Methode, da sie uns erlaubt auch bei den Emissionen die Streuung zwischen den Betrieben zu untersuchen und besser geeignet ist für die räumlich differenzierte Darstellung der Ergebnisse. Die Emissionsergebnisse wurden für die 36 Klassen sowie gesamtschweizerisch aggregiert. Zudem wurden sie in einer Karte im Kilometerraster dargestellt. Dazu wurde jedem Betrieb der Grundgesamtheit die klassenspezifischen Emissionswerte zugeteilt. Die stationären Emissionen von Stall und Hofdüngerlager wurden dem Standort des Betriebes zugeordnet (hektargenau), jene der diffusen Quellen Düngung und Weide wurden gleichmässig über die landwirtschaftliche Nutzfläche jeder Gemeinde verteilt.

Das Emissionsinventar von 2000-2003 wurde von REIDY et al. (2007a) vorgestellt. Jenes für 2005-2007 wird Ende 2008 vorliegen. Zu den Gesamtemissionen von 44'600.6 t N im Jahr 2000 steuerte die Tierhaltung und Hofdüngewirtschaft 82 % bei (Landwirtschaft gesamt 93%). Die Emissionen aus der Landwirtschaft stammten zu 65 % aus der Rindviehhaltung und zu 15 % aus der Schweinehaltung. Zu den Emissionen aus der Tierhaltung steuerte die Hofdüngerausbringung 58 %, die Stallungen 28 %, die Hofdüngerlagerung 12 % und die Weide 2 % bei. Zwischen 1990 und 2000 gingen die Gesamtemissionen um 19 % und die landwirtschaftlichen Emissionen um 20 % zurück.

Differenzierte Interpretation der Ergebnisse

Im Zentrum der differenzierten Interpretation der Ergebnisse standen neben ersten Sensitivitätsanalysen und Untersuchungen zur räumlichen Verteilung und zur zeitlichen Entwicklung vor allem Abklärungen, welche differenzierte Handlungsempfehlungen für Landwirte erlauben. Beispielsweise wurde das technisch maximal möglich und das realistischerweise maximal erreichbare Potenzial zur Emissionsminderung untersucht (Reidy & Menzi, 2007). Dieses Potenzial ist im Talgebiet wesentlich höher als im Berggebiet. Massnahmen bei der Hofdüngeranwendung und vermehrtes Weiden zeigten das höchste Reduktionspotenzial.

Ausblick

Die repräsentativen Umfragen zur emissionsrelevanten Produktionstechnik und die differenzierten Emissionsberechnungen haben viel beigetragen zum besseren Verständnis der NH₃-Emissionen und der Möglichkeiten sie zu reduzieren. Sie erlaubten differenzierte Empfehlungen für die Praxis. Zusammen mit der Limitierung des N-Einsatzes in der Landwirtschaft haben die handlungsorientierten Berichte und Empfehlungen aus der Forschung dazu beigetragen, dass Schweizer Landwirte heute besser mit dem Stickstoff umgehen als noch vor einigen Jahren.

Literatur

- MENZI, H., BONJOUR, C., ZAUCKER, F., KUPPER, T., LEUENBERGER, C. & REIDY, B. (2008): Agrammon: A new internet based model for the differentiated estimation of ammonia emissions from individual farms or at the area-wide scale. In: Koutev, V. (2008): Proc. 13th RAMIRAN Int. Conference, Albena, Bulgaria, June 11-13, 2008, 158-163
- MENZI, H., REIDY, B., RICHNER, W. & STADELMANN, F.X., (2005): Ammonia emissions from agriculture – changing perception and re-search priorities in time: case study Switzerland. In Kreuzer et al. "Proc. 2nd International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA), Zurich 20-24 2005, 194-203
- MENZI, H. & KATZ, P.E. (1997): A differentiated approach to calculate ammonia emissions from animal husbandry, in: Voermans J.A.M. et al. (Eds.), Ammonia and odour emissions from animal production facilities, Proc. International Symposium, Vinke-loord, Netherlands, 6-10 October 1997, pp 35-42.
- Menzi, H. Frick, R. & Kaufmann, R. (1997): Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.
- REIDY, B., RIHM, B. & MENZI, H. (2007a): A new Swiss inventory on ammonia emissions from agriculture based on a stratified farm survey and farm-specific model calculations. *Atmospheric Environment*, 42, 3266-3276.
- REIDY, B., DÄMMGEN, U., DÖHLER, H., EURICH-MENDEN, B., VAN EVERT, F.K., HUTCHINGS, N.J., LUESINK, H.H., MENZI, H., MISSELBROOK, T.H., MONTENY, G.-J. & WEBB, J. (2007b): Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: liquid manure systems. *Atmospheric Environment*, 42, 3452-3464.
- REIDY, B. & MENZI, H. (2007): Assessment of the ammonia abatement potential of different geographical regions and altitudinal zones based on a large-scale survey. *Bio-systems Engineering*, 97, 520-531.

Lenkung des Futterangebotes von Weiden mit mineralischer N-Düngung

P. Thomet¹, M. Stettler¹, M. Hadorn¹, E. Mosimann²

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen; Email: peter.thomet@shl.bfh.ch

² Station de recherches Agroscope Changins ACW, CH-1260 Nyon

Einleitung und Problemstellung

Um auf Weiden eine hohe Flächenproduktivität zu erzielen, ist unter anderem eine effiziente und gezielte Stickstoffdüngung wichtig. Dies gilt für die Schweiz umso mehr, da der Einsatz von mineralischem Stickstoff durch die agrarpolitischen Vorgaben gegenüber dem Ausland stark eingeschränkt ist. In der schweizerischen Nährstoffbilanzierungsmethode (Suisse-Bilanz) geht man davon aus, dass auf der Weide ein grosser Teil des von den Tieren ausgeschiedenen Stickstoffs nicht zur Wirkung kommt (so genannter Weideabzug: 70% des auf der Weide anfallenden Exkrementestickstoffes wird nicht eingerechnet). Dies führt dazu, dass bei Weidehaltung trotz allgemein engem Düngungskorsett ein Spielraum für den Einsatz von mineralischem Stickstoff besteht.

Wie aus verschiedenen früheren Untersuchungen bekannt, kann der Jahresverlauf des Graswachstums mit der N-Düngung beeinflusst werden (Binnie *et al.* 2000, Thöni 1984, Thomet und Brühlmann 1987). Man stellte fest, dass dank einer Verschiebung der Stickstoffdüngung vom Frühjahr in den Sommer das Wachstum im Frühjahr etwas gebremst und dafür im Sommer gefördert werden kann.

Mit dem vorliegenden Projekt wollten wir wissen, wie weit diese Erkenntnis zur Synchronisierung des Futterangebotes und Futterbedarfes auf intensiven Milchviehweiden des Schweizer Mittellandes genutzt werden kann. Von Interesse war zudem die Frage nach der Ertragswirkung des Stickstoffs, wenn er unterschiedlich verteilt wird.

Material und Methoden

Als Ausgangsbestände für die Versuche wurden eine Gras-Weissklee-Mischung (SM 440) und eine intensiv bewirtschaftete Dauerweide in der Region Bern-Solothurn gewählt. Die drei Arten mit den höchsten Bestandesanteilen waren: *Lolium perenne*, *Poa pratensis* und *Trifolium repens*. Beide Standorte befanden sich auf Vollweidebetrieben mit Kurzrasen-Weidesystem. Während der vier Versuchsjahre 2003-2006 wurden die Graswachstumskurven in je drei Wiederholungen nach einer adaptierten Methode von Corral & Fenlon (1978) für verschiedene Düngungsvarianten gemessen. Drei Verteilungsvarianten von 150 kg N/ha/Jahr in Form von Ammonsalpeter wurden neben einer Kontrolle

ohne N verglichen: **1. gleichmässig** von April bis September (7 x 20/25 kg N/ha); **2. frühlingsbetont**, Düngung im Frühjahr und Sommer (5 x 30 kg N/ha); **3. sommerbetont** (5 x 30 kg N/ha).

Alle Düngungsvarianten erhielten im Winter eine betriebsübliche Güllegabe von 20-25 m³/ha (ca. 30 kg N_{verf}/ha). Jedes Jahr wurden auf den Weiden neue Versuchsflächen von ca. 300 m² angelegt und ausgezäunt. Die einzelnen Versuchsparzellen waren 9.0m² (1.5 m x 6.0 m) gross.

Ergebnisse und Diskussion

Das Graswachstum der ungedüngten Kontrolle und der Variante mit gleichmässiger Stickstoffverteilung verlief annähernd parallel (Abb.1). Die 150 kg N-Düngung führten zu einer Ertragssteigerung von 25,3 dt TM/ha bzw. 28% des Jahresertrages. Wenn wir die frühlingsbetonte mit der sommerbetonten N-Düngung vergleichen, stellen wir fest, dass wir 8.8 bzw. 11.6 dt TM oder etwa 10 % des Gesamtjahresertrags vom Frühjahr auf den Spätsommer/Herbst verschieben konnten. Bezogen auf die Periode (August bis November) des stark nachlassenden Futterangebotes auf den Weiden betrug die Steigerung 45% oder ca. 63 Grossvieh-Weidetage pro Hektare bzw. eine Weideverlängerung von ca. drei Wochen. Eigene betriebswirtschaftliche Modellrechnungen zeigen, dass jeder zusätzliche Weidetag einen Vorteil von etwa 4 Fr./Kuh zusätzlichem Nettoerlös ergibt.

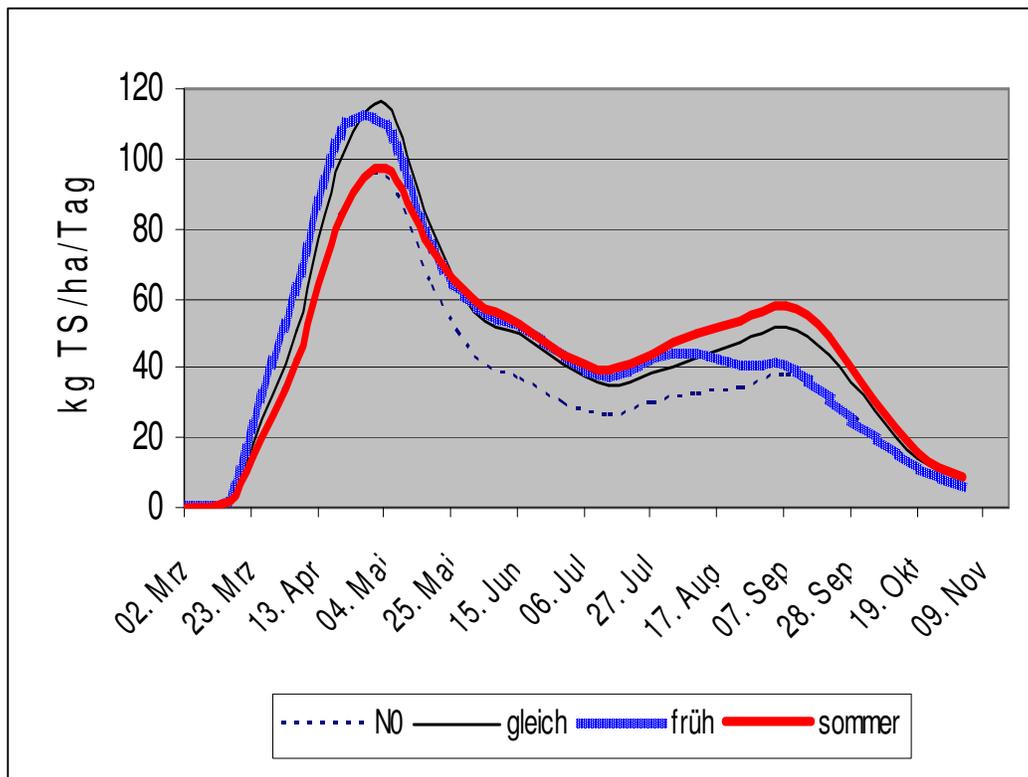


Abb. 1. Einfluss der N-Düngungsvarianten auf die Graswachstumskurve von Weiden im Schweizer Mittelland (Mittelwerte von zwei Standorten für die Jahre 2003-2006).

Der Vergleich der Düngungsverfahren zeigte auf, dass es in Bezug auf den Ertrag keine grosse Rolle spielte, wie der mineralische Stickstoff verteilt wurde (Tab. 1). Als tendenziell vorteilhaft erwiesen sich in den ersten beiden Versuchsjahren die sommer- und herbstbetonten Verfahren, danach war die gleichmässige Verteilung etwas besser.

Die über alle N-Düngungsverfahren, Jahre und Standorte gemittelte N-Wirkung betrug 16.3 kg TS Mehrertrag pro kg gedüngtem Stickstoff. Das ist im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit gut. Allgemein wird davon ausgegangen, dass sich die N-Düngung ab einer Wirkung von 10 kg TS/kg N lohnen kann. Demzufolge war die N-Wirkung auf der Ansaatwiese in Bremgarten mit 8.3 und 6.1 kg TS/kg N in den Jahren 2003 und 2004 ungenügend. Dies kann unter anderem auf den hohen Weissklee-Anteil zurückgeführt werden, der für die N-Versorgung der Weide zur Verfügung stand. Besonders abgefallen ist die frühjahrsbetonte N-Düngung. Gelohnt hat sich dagegen in denselben Jahren die N-Düngung auf der Dauerweide in Hessigkofen (Wirkungen 2003 und 2004: 14.5 und 13.3 kg TS/kg N). In den Jahren 2005 und 2006 liessen sich die mangelhaften Jahreserträge an den Standorten Bremgarten und Hessigkofen dank Stickstoffwirkungen von über 20 kg TS/kg stark erhöhen. Gegenüber den ungedüngten Flächen stand 42 % mehr Futter zur Verfügung.

Tab. 1: Jahreserträge (dt TS/ha) und N-Wirkungen (kg TS/kg N) der vier Verteilungsverfahren von 150 kg N gegenüber einer Kontrolle ohne N-Düngung

	Bremgarten 03 & 04		Hessigkofen 03 & 04		Brem & Hess 05 & 06	
	Ertrag	N-Wirk	Ertrag	N-Wirk	Ertrag	N-Wirk
ohne N	124.1 ^a	-	88.5 ^a	-	73.0 ^a	-
gleichm	135.6 ^{ab}	7.7	109.3 ^b	13.9	107.6 ^b	23.1
frühjahr	132.5 ^{ab}	5.6	108.9 ^b	13.6	102.8 ^b	19.9
sommer	137.1 ^b	8.7	112.9 ^b	16.3	104.0 ^b	20.7
herbst	134.3 ^{ab}	6.8	106.4 ^b	11.9	99.2 ^b	17.5

^{a, b} Verschiedene Buchstaben bedeuten Verfahren, die sich signifikant unterscheiden ($p < 0.05$).

Die unterschiedlichen N-Verteilungsvarianten wirkten sich ebenfalls auf den Verlauf des Kleeanteils während der Weidesaison aus. Unabhängig von der Stickstoffdüngung wurden die höchsten Kleeanteile jeweils im Juli festgestellt. Die höchsten Anteile bildeten sich in den N0-Parzellen, die aber einen um 21 % tieferen Jahresertrag aufwiesen. Der höchste und vorteilhafteste Kleeanteil der gedüngten Verfahren stellte sich bei sommerbetonter N-Düngung ein. Der Unterschied gegenüber „frühjahrsbetont“ betrug in der Zeitperiode von Mai bis August etwa 10%. Dies ist bemerkenswert, weil die Verzehrbarkeit des Weidefutters und damit das Milchproduktionspotential mit zunehmendem Weisklee-Anteil ansteigen.

Schlussfolgerungen

Unsere Versuche zeigen, dass es im Umfang von ca. 10% des Jahresertrages möglich ist, allein durch die zeitliche Verteilung von mineralischem Stickstoff das Graswachstum in die gewünschte Richtung zu verschieben.

Die grossen Unterschiede der Graswachstumskurve von Jahr zu Jahr zeigen aber, dass die Witterung und vor allem die Niederschlagsverteilung begrenzend sind. Dank taktischer Stickstoffdüngung ist es möglich, vor allem im Herbst zusätzliche Weidetage zu gewinnen.

Die unterschiedliche N-Verteilung während der Vegetationsperiode hat kaum einen Einfluss auf den Jahresertrag.

Es wird gefolgert, dass die sommerbetonte Stickstoffdüngung von Weiden für die Vollweide-Milchproduktion am interessantesten ist. Einerseits ist die Stickstoffwirkung sehr gut, andererseits bleibt der Kleeanteil im Weidefutter relativ hoch.

Literatur

BINNIE R.C., MAYNE C.S. & LAIDLAW A.S., 2000. The effects of rate and timing of application of fertilizer nitrogen in late summer on herbage mass and chemical composition of perennial ryegrass swards over the winter period in Northern Ireland. *Grass and Forage Science* **56**, 46-56.

CORRALL A.J. & FENLON J.S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **91**, 61-67.

THOMET P. & BRÜHLMANN M., 1987. Einfluss unterschiedlicher Verteilung der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Pflanzenbestand von drei Naturwiesentypen. *Mitt. Schweiz. Landw.* **35** (4), 209-218.

THÖNI E., 1984. Staffelung der Futterkonservierung durch die N-Düngung. *Mitt. Schweiz. Landw.* **32** (3) 93-104.

Silomaisanbau in einer Fruchtfolge mit Ackergras (mit und ohne Rotklee) – Möglichkeiten zur Minderung des Nitrataustrags im Maisanbau

T. Kalmlage¹⁾, M. Kayser¹⁾ und J. Isselstein²⁾

¹⁾ Universität Göttingen -Außenstelle Vechta-, Driverstr. 22, 49377 Vechta;
Email: Tanja.Kalmlage@agr.uni-goettingen.de

²⁾ Universität Göttingen -Department für Nutzpflanzenwissenschaften- Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Der Silomaisanbau hat vor allem in Nordwestdeutschland durch die steigende Energieerzeugung aus Biomasse einen enormen Aufschwung erfahren. Allein auf Stilllegungsflächen in Deutschland hat sich der Anbau von Mais zur Biogasnutzung zwischen 2005 (21341 ha) und 2007 (54410 ha) mehr als verdoppelt. Ein vergleichbares Bild zeigen die Maisanbauflächen mit Energiepflanzenprämie, die bundesweit vervierfacht wurden mit 45429 ha in 2005 und 179144 ha in 2007 (DEUTSCHES MAISKOMITEE, 2007 und 2008).

Den aus betriebswirtschaftlicher Sicht produktionsökonomischen Vorteilen von Mais stehen verschiedene negative Einflüsse auf die Umwelt gegenüber. Mais hinterlässt häufig hohe Restnitratmengen im Boden (SCHIERMANN, 2005), die v.a. in den sandigen Böden NW-Deutschlands durch Auswaschung eine hohe Nitratanreicherung im Grundwasser verursachen können.

Nach der neuen EU-Grundwasserrichtlinie vom 12.12.2006 (EUROPÄISCHEN UNION, 2006) soll bis zum Jahr 2015 flächendeckend ein Grenzwert von 50 mg NO_3^-/l (=11,3 mg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{l}$) nicht mehr überschritten werden. Das stellt besondere Anforderungen an die Landwirtschaft, da selbst bei „Guter fachlicher Praxis“ unter landwirtschaftlichen Kulturen oftmals Nitratgehalte von 100 mg/l und mehr gemessen werden (HELMER und FRAHM, 2003).

Die Stickstoffernährung des Maises spielt im Hinblick auf das Nitrataustragsrisiko eine wichtige Rolle. Über die Gestaltung der Fruchtfolge und die N-Düngung kann der Stickstoffhaushalt beim Maisanbau beeinflusst werden. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu prüfen, ob durch die Fruchtfolgestellung des Maises nach Rotkleeergras und unterlassene N-Düngung das Austragsrisiko beim Maisanbau gegenüber dem Anbau nach Ackergras und mit praxisüblicher Stickstoffdüngung reduziert werden kann

Material und Methoden

Im Rahmen eines Feldversuchs wurden zwei Ackergrasmischungen auf zwei Standorten in dreifacher Wiederholung in einer Fruchtfolge mit Silomais geprüft. Bei der ersten Variante handelt es sich um Rotkleeergras gefolgt von Silomais ohne Stickstoffdüngung (RM_{N_0}). Die zweite Variante ist Ackergras gefolgt von Silomais mit konventioneller Stickstoffdüngung (AM_{Nent}). Die Ansaat von

Rotkleeackergras bzw. Ackergras (Tab. 1) erfolgte mit einer Saatstärke von 45 kg/ha an beiden Standorten im Herbst 2005. Variante RM_{N0} erhielt 0 kg N/ha und AM_{Nent} 360 kg N/ha (120/100/80/60) im Hauptnutzungsjahr (2006).

Tab. 1: Zusammensetzung der Saatmischungen.

Fruchtfolgevariante Saatmischung	RM_{N0} A3 plus S	AM_{Nent} A1
Artenzusammensetzung	[%]	
Welsches Weidelgras	21	100
Deutsches Weidelgras	30	-
Bastardweidelgras	20	-
Rotklee	29	-

Die Parzellen (96 m²) wurden im Jahr 2006 viermal beerntet. Zur Bestimmung der Nährstoffentzüge durch den Aufwuchs wurden die Biomasseerträge der Parzellen erhoben und der N-Gehalt bestimmt. Im Frühjahr 2007 erfolgte der Umbruch der Parzellen und es wurde Mais in zwei Düngungsstufen nachgebaut. Dabei erhielt der Mais auf den ehemaligen Rotkleeackergrasparzellen (RM_{N0}) keine mineralische N-Gabe und auf den ehemaligen Ackergrasparzellen ohne Rotklee (AM_{Nent}) und mit mineralischer N-Düngung erhielt der Mais 180 kg N/ha in Form von zwei Gaben Kalkammonsalpeter.

Auf beiden Versuchsstandorten wurde zur Beprobung des Bodenwassers eine stationäre, vakuumgeregelte Saugkerzenanlage eingesetzt. Jeweils vier Saugkerzen pro Parzelle sind in einer Tiefe von 75 cm im Boden installiert worden. Während der Sickerwasserperiode von November bis April wurde das von den Saugkerzen kontinuierlich gewonnene Sickerwasser für jede Kerze getrennt gesammelt und je nach Menge des anfallenden Sickerwassers wöchentlich bzw. 14-tägig entnommen und beprobt. Die Nitratkonzentrationen wurden photometrisch bestimmt.

Zusätzlich wurde auf beiden Standorten im Herbst eine Nmin-Untersuchung in einer Tiefe von 0-90 cm durchgeführt. Dazu erfolgte die Extraktion in 12,5 mmol $CaCl_2$ -Lösung. Die Nitrat- und Ammoniumgehalte der Extrakte wurden ebenfalls photometrisch bestimmt.

Alle Werte, wenn nicht anders gekennzeichnet, sind Mittelwerte der Wiederholungen und Standorte für die jeweilige Fruchtfolgevariante.

Ergebnisse und Diskussion

Die Biomasserträge der beiden Ackergrasvarianten zeigen einen Minderertrag im Rotkleeackergras (RM_{N0}) (Tab. 2). Die Kleeanteile des Rotkleeackergrases betragen während der Vegetationsperiode an beiden Standorten im Mittel 25 %, wobei der Kleeanteil während der Vegetationsperiode anstieg. Insgesamt sind die N-Erträge im Ackergras ohne Klee mit mineralischer N-Düngung (AM_{Nent}) deutlich höher als im Rotkleeackergras (Tab. 2).

Tab. 2: Stickstoff- und Trockenmasseerträge der Fruchtfolgen.

	RM _{NO}		AM _{Nent}	
	TM [dt/ha]	N [kg/ha]	TM [dt/ha]	N [kg/ha]
2006 (AG)	87	153	131	263
2007 (Mais)	189	171	185	186

AG = Rotkleeackergras bzw. Ackergras; TM = Trockenmasse bei 60 °C; N = Stickstoff

Im Versuchsjahr 2006/2007 wurde im Mittel der Standorte in beiden Ackergrasvarianten ein geringerer Ertrag erzielt als es für die gewählten Mischungen A1 und A3 plus S zu erwarten gewesen wäre, was v.a. auf die extrem trockenen Witterungsbedingungen im Sommer 2006 zurückzuführen ist. Der Trockenstress führte besonders auf dem etwas sandigeren Standort zu Ertragsverlusten. Aufgrund des niedrigeren Ertragspotentials des Rotkleeackergrases ergibt sich durch den Düngermiteinsatz ein Vorteil des Rotkleeackergrases gegenüber dem reinen Ackergras.

Die Trockenmasseerträge der beiden Maisvarianten im Versuchsjahr 2007/08 unterscheiden sich nur um 4 dt/ha mit einem leichten Vorteil für Mais ohne mineralische N-Gabe, wohingegen sich bei den Stickstofferträgen ein leichter Vorteil für die gedüngte Variante ergibt. Das Rotkleeackergras als Vorfrucht liefert so viel Stickstoff, dass die Erträge des ungedüngten Silomaises der gedüngten Fruchtfolge entsprechen.

Die N_{min}-Gehalte der beiden Ackergrasvarianten (Tab. 2), mit Rotklee ohne mineralische N-Düngung (RM_{NO}) und ohne Rotklee mit mineralischer N-Düngung (AM_{Nent}), zeigen nur geringe Unterschiede. Der N_{min}-Gehalt im Herbst 2007 nach der Ernte des gedüngten Silomaises (AM_{Nent}) ist viermal höher als der des ungedüngten (RM_{NO}).

In beiden Sickerwasserperioden konnten an den Standorten eine erhöhte Nitratkonzentration im Sickerwasser in der gedüngten Fruchtfolge ohne Klee nachgewiesen werden. Die durchschnittliche Nitratkonzentration in der Sickerwasserperiode nach Ackergras war in der gedüngten Variante, u.a. bedingt durch die nicht optimale Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs aufgrund der Ertragseinbußen (s.o.), knapp zehnmals höher und nach Silomais in der gedüngten Variante mehr als verdoppelt (Tab. 2).

Tab. 3: Mittlere N_{min}-Gehalte im Herbst und mittlere NO₃-N-Konzentrationen während der darauffolgenden Sickerwasserperioden.

	N _{min} N [kg/ha]		Mittlere Sickerwasserkonz. NO ₃ -N [mg/l]	
	RM _{NO}	AM _{Nent}	RM _{NO}	AM _{Nent}
2006/07 (AG)	17	23	2,4	21,9
2007/08 (Mais)	35	140	14,5	33,2

Die Nitratkonzentrationen (Abb. 1) sind zu Beginn der Sickerwasserperioden erhöht und nehmen nach und nach ab. Insgesamt sind die Nitratgehalte anfangs in beiden Sickerwasserperioden in der gedüngten Fruchtfolge gegenüber der ungedüngten stark erhöht.

Der Stickstoffeintrag in die ungedüngte Fruchtfolge erfolgt durch die Stickstofffixierung des Klees, was zu einer guten Stickstoffversorgung des Oberbodens auch ohne mineralische N-Düngung führt. Die Ernterückstände des Ackerkleeegrases sind ebenfalls als Stickstoffquelle zu betrachten. Zusätzlich wird durch den Umbruch die Bodenstruktur verändert. Dadurch erhöht sich die Mine-

ralisation und Stickstoff wird pflanzenverfügbar, so dass der Folgefrucht Mais dieses Nährelement auch ohne mineralische N-Düngung in ausreichendem Maße zur Verfügung steht.

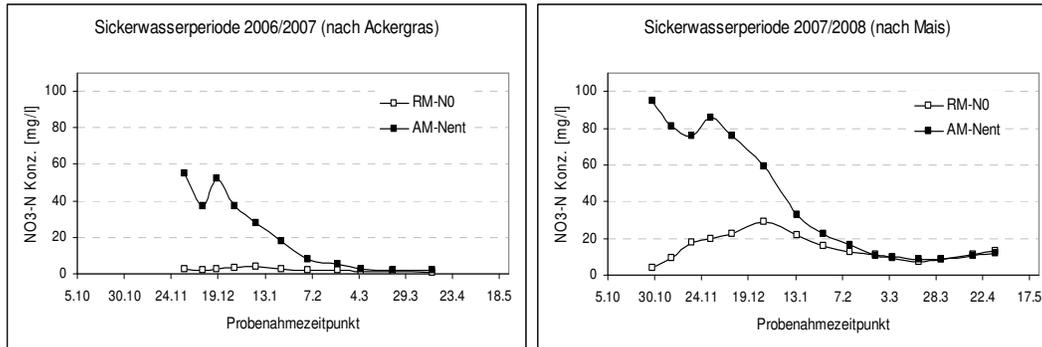


Abb. 1: Darstellung der Verläufe der NO₃-N-Sickerwasserkonzentration (Mittelwerte der Standorte 1 und 2).

Schlussfolgerungen

Die Nmin-Gehalte nach Mais und die hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der gedüngten Fruchtfolge sind Indizien für eine Stickstoffübersorgung. Diese Übersorgung wird zum einen durch die Umbrucheffekte und zum anderen durch die Ernterückstände des Ackergrases verstärkt. Nach Umbruch von Ackergras und Rotkleeackergras kann die Stickstoffdüngung deutlich vermindert werden, da beide Mischungen eine gute Vorfruchtwirkung für Silomais haben können.

Durch den Vorbau von Ackerklee gras und der Auswirkungen des Umbruchs konnte die Nitratbelastung des Grundwassers deutlich vermindert werden, wobei vergleichbare Erträge zu einer konventionell gedüngten Fruchtfolge mit hoher Nitratbelastung erzielt wurden.

Literatur

- DEUTSCHES MAISKOMITEE (2007): Maisanbaufläche in Deutschland zur Biogasnutzung in ha. http://www.maiskomitee.de/dmk_download/fb_fakten/dateien_pdf/flaeche_biogas_05/06.pdf, letzter Zugriff am 08.05.2008.
- DEUTSCHES MAISKOMITEE (2008): Maisanbaufläche in Deutschland zur Biogasnutzung in ha. http://www.maiskomitee.de/dmk_download/fb_fakten/dateien_pdf/flaeche_biogas_06/07.pdf, letzter Zugriff am 08.05.2008.
- EUROPÄISCHE UNION (2006): Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L 372, S. 19 – 31. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/richtlinie_2006_118_eg.pdf, letzter Zugriff am 12.06.2008.
- HELMER, H. und FRAHM, J. (2003): Die Wasserrahmenrichtlinie aus landwirtschaftlicher Sicht. In: UVP-Report 17, 3+4.
- SCHIERMANN, T. (2005): Untersuchungen zur Variabilität und Kausalität des potentiellen Nitrataustrages beim Anbau von *Zea mays* in Deutschland (Online Dissertation), <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2005/schiermann/schiermann.pdf>, letzter Zugriff am 03.06.2008.

Flächenproduktivität - Milch von 499 bayrischen Betrieben

D. Weiß¹, G. Dorfner², K. Auerswald³, P. Thomet⁴

¹Mühlenweg 12a, 85354 Freising, weiss@wzw.tum.de,

²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Menzinger Straße 54, 80638 München

³Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1
85350 Freising-Weihenstephan

⁴Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft Zollikofen, Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen

Einleitung und Problemstellung

Das Ziel, möglichst effiziente Produktionsprozesse umzusetzen, ist in allen Wirtschaftszweigen eine Selbstverständlichkeit. Für die Milcherzeugung spielen in erster Linie Kostenaspekte wie die gestiegenen Preise für Fläche, Energie und Zukaufsfuttermittel eine wichtige Rolle, um eine möglichst optimale Effizienz zu erzielen. Zunehmend werden aber auch gesellschaftliche Forderungen wie der Wunsch nach verringerten Methan- oder CO₂ Emissionen pro kg Milch laut (BMELV, 2007).

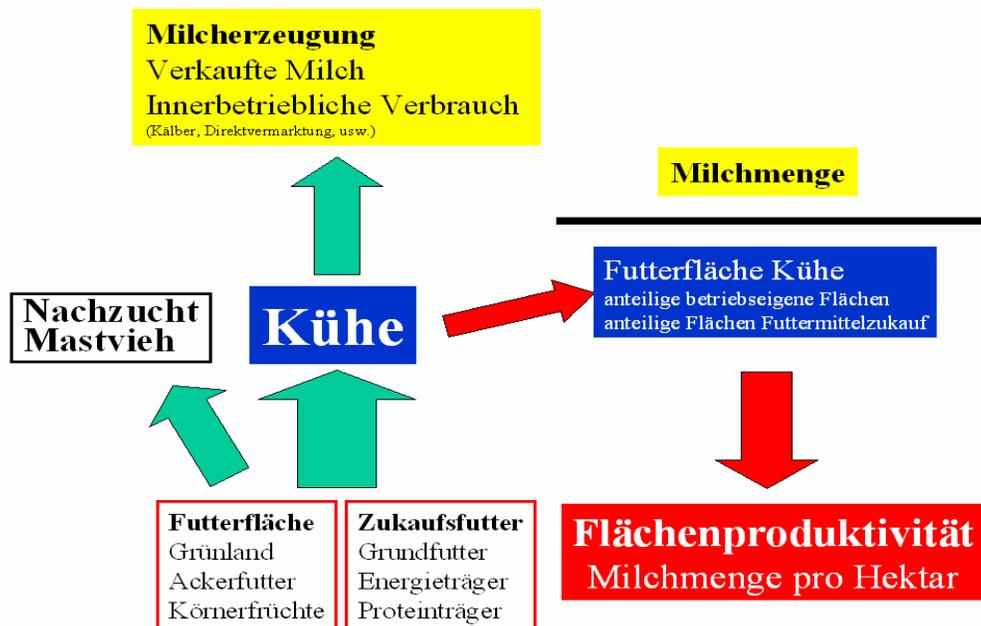


Abbildung 1: Flächenleistung - erzeugte Milch pro eingesetzte Fläche für die Futterproduktion. Neben den betriebseigenen Futterflächen werden für die Zukaufsfuttermittel fiktive Flächen angesetzt.

Effizienz in der Milcherzeugung ist nicht trivial zu definieren. Die Milchleistung pro Kuh und Jahr greift hierbei zu kurz, da der notwendige Aufwand nicht berücksichtigt ist. Die Milcherzeugung pro kg eingesetzter Futtermenge ist unter Praxisbedingungen nur sehr eingeschränkt zu bestimmen. Die Erträge der betriebseigenen Grundfuttermittel wie Silomais und Grünland sind in der Praxis nicht bekannt, bzw. mit großen Unsicherheiten behaftet. Da die Futterproduktion des Milchviehbetriebes schlussendlich dem Ziel der Milcherzeugung dient, erscheint daher die Kenngröße Milchproduktion pro Hektar Futterfläche interessant. Dieser Kennwert umfasst den Futteranbau, die Ernte, die Konservierung und die schlussendliche Erzeugung von Milch aus diesem Futter.

Der Zukauf von Futtermitteln (in der Regel Konzentratfuttermittel) wird im vorgestellten Ansatz über eine fiktive Flächenzuordnung berücksichtigt.

Material und Methoden

Datengrundlage und Kalkulation

Die Basis für die vorgestellte Auswertung sind die Rohdaten des Milchreports Bayern 2006 (Wirtschaftsjahr 2005/06, Dorfner und Hofmann, 2007). Als Futterflächen wurden definiert: Eigene Flächen zur Futtererzeugung, Zukaufflächen für Grundfuttermittel und der Zukauf von Konzentratfuttermittel (Abbildung 1). Zugekaufte Konzentrat- und Saftfuttermitteln wurden mit fiktiven Flächenwerten belegt. Für Energiefuttermittel (< 20 % Rohprotein) wurden Flächenerträge von 7 Tonnen pro Hektar (14 % Feuchte) unterstellt, Proteinfuttermittel (> 20 % Rohprotein) wurden mit 4,5 Tonnen pro Hektar bewertet. Die Bewertung von Saftfuttermittel erfolgte analog entsprechend der in der Literatur unterstellten Trockenmassegehalte (Kirchgeßner 2007). Die Aufteilung der Gesamtfuttermenge innerhalb der Einzelbetriebe an Kühe und andere Rinder (Nachzucht, Masttiere) wurde anhand der aufgestellten Großvieheinheiten (GVE) vorgenommen. Die erzeugte Milchmenge wurde auf die Milchinhaltsstoffe korrigiert (energiekorrigierte Milch, ECM).

Statistik

Die Analyse der Daten erfolgte über die Mixed Procedure des Statistikprogrammpaketes SAS. Signifikante Unterschiede werden ab einem Niveau von $p < 0.05$ ausgewiesen.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere Milcherzeugung pro Hektar Futterfläche, berechnet nach dem vorgestellten Schema, lag bei 9760 kg energiekorrigierte Milch. Auffällig ist die extreme Spannweite von 4300 kg bis über 16000 kg ECM pro Hektar, diese Werte entsprechen Untersuchungen von Henggeler (2005) für süddeutsche und Schweizer Betriebe. Offensichtlich bestehen hier große Unterschiede zwischen Betrieben. Diese lassen sich überraschenderweise jedoch nicht durch den Standort oder die Rasse erklären (Abbildung 2).

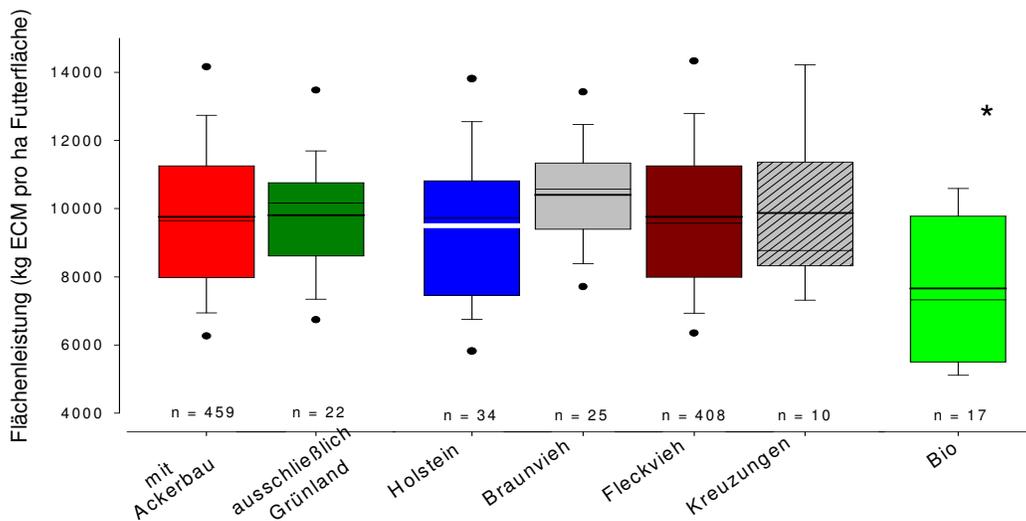


Abbildung 2: Flächenleistung (kg energiekorrigierte Milch pro Hektar Futterfläche) dargestellt als Boxplot (Median, 25 und 75 % Percentile, 5 und 95 % Percentile) verschiedener Subgruppen (Standort, Rasse, Biobetriebe). Die Flächenleistung von Biobetrieben war signifikant geringer ($p < 0.05$). $n = 499$ Betriebe, Betriebe sind teilweise in mehreren Gruppen vertreten.

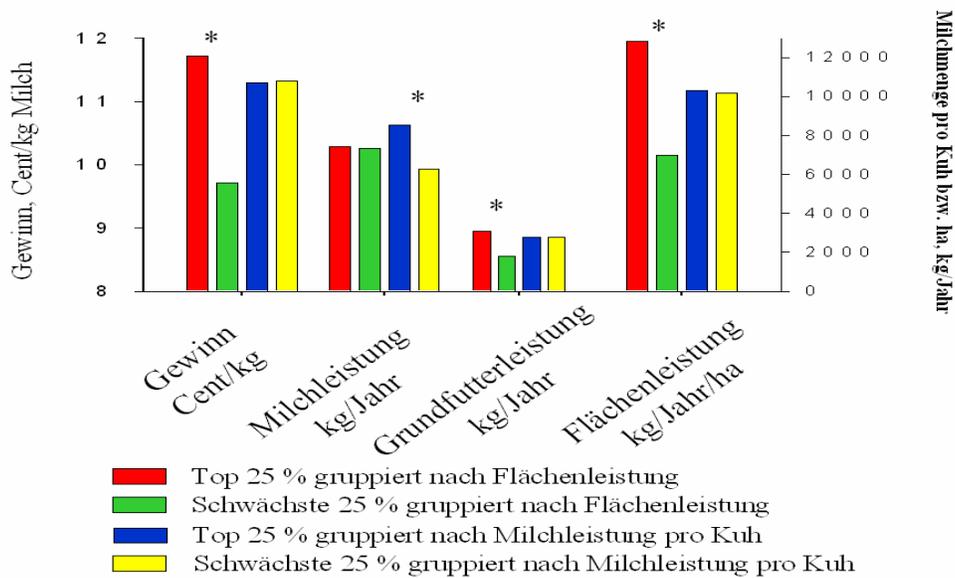


Abbildung 3: Schichtung der Betriebe des Milchreports Bayern nach Flächenleistung (kg ECM/ha) und nach Milchleistung pro Kuh (kg ECM/Kuh/Jahr). * markieren signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppe Schichtung nach Flächenleistung ($p < 0.05$).

Interessanterweise unterschied sich die so definierte Milch-Flächenleistung der Grünlandbetriebe nicht von den Betrieben, die über Ackerflächen verfügen. Ebenso konnten keine grundsätzlichen Vorteile von einzelnen Rassen festgestellt werden. Regionale Unterschiede innerhalb Bayerns sind nicht erkennbar (Daten nicht dargestellt). Betriebe mit extrem hoher wie auch mit extrem niedrigen Flächenleistungen fanden sich in allen Naturräumen Bayerns.

Eine Schichtung der untersuchten Betriebe (jeweils die 25 % Perzentilen), zum einen nach der erzielten Flächenleistung, zum anderen nach der Milchleistung pro Kuh zeigt Abbildung 3. Eine höhere Flächenleistung geht mit einem verbesserten Gewinn pro kg Milch und einer erhöhten Grundfutterleistung einher. Die Laktationsleistung zeigt keinen Zusammenhang zur erzielten Flächenleistung, obwohl die Unterschiede hinsichtlich der Flächenleistung bei 83 % lagen.

Die 25 % Perzentile der Betriebe mit der höchsten Flächenleistung erreichten eine 36 % höhere Laktationsleistung, der Gewinn pro kg Milch, die Grundfutterleistung und die Flächenleistung unterschieden sich jedoch nicht.

Effizienz in der Milcherzeugung wird bisher vor allem durch den Parameter Laktationsleistung definiert. Eine hohe Laktationsleistung geht nicht zwingend mit einer hohen Milch-Flächenleistung des Systems Milchproduktion einher. Dies ist erstaunlich, da der Anteil des Erhaltungsbedarfs mit steigender Laktationsleistung deutlich sinkt. Auf Praxisebene führen offensichtlich verschiedenste Effekte zu einer Überkompensation und schlussendlich zu einer suboptimalen Systemeffizienz. Die Analyse stabiler Isotope kann ein Hilfsmittel sein solche „Nährstofflücken“ zu identifizieren.

Weitere Untersuchungen sind jedoch notwendig um die aufgezeigten Zusammenhänge weitergehend zu untersuchen und praktikable Hilfsmittel zur die Praxis zu entwickeln.

Literatur

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HRSG.) 2007 Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik, download im März 2008 unter: <http://www.bmelv.de/>

DORFNER, G. UND HOFMANN, G. 2007 Milchreport Bayern 2006 Langfassung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. München.

HENGGELER, M. 2005: Milchproduktionspotential von Silomais in der Praxis. Diplomarbeit an der Schweiz. Hochschule für Land., Zollikofen, 60 S. (unveröffentlicht).

KIRCHGEBNER, M 2004 Tierernährung, Deutsche Landwirtschaftsverlag, Frankfurt

Milchleistung aus Gras unter Vollweidebedingungen

P. Rauch, S. Steinberger, H. Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, D-85586 Poing-Grub;
Email: Petra.Rauch@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Bei der Bewertung des Erfolgs von Betriebssystemen ist die alleinige Betrachtung der Milchleistung je Kuh nicht ausreichend. Auswertungen der Betriebszweigauswertungen Milch zeigen, dass bei ähnlichen Milchleistungen und Strukturen erhebliche Schwankungen beim Gewinn auftreten (DORFNER & HOFMANN, 2007). Diese Schwankungen sind zu einem Teil auf die Futterkosten zurückzuführen. Hohe Milchleistung von der Fläche durch effiziente Umsetzung hoch qualitativen Grobfutters, z. B. durch eine Optimierung des Weidesystems ist eine Strategie, Futterkosten zu senken. In diesem Zusammenhang werden neue Kennwerte, die die Milch-Flächenleistung (kg Milch/ha Futterfläche) ausweisen, immer wichtiger (DORFNER, 2008).

Dieser Parameter beschreibt den wirtschaftlichen Erfolg und die Effizienz des Ressourceneinsatzes besser als nur die Betrachtung der Einzeltierleistung, wie eine Auswertung der Betriebszweigabrechnungen in Bayern zeigt (WEIß *et al.*, 2008).

Ein Ziel des Vollweideprojekts mit Winterkalbung ist, die den Betrieben zur Verfügung stehenden Flächen durch eine Optimierung des Weidesystems intensiv zu nutzen und einen großen Teil der Milch aus kostengünstiger Weide zu produzieren. Wichtig ist dabei auch, Hilfsmittel zur erfolgreichen Umsetzung von Weide in die Praxis zu erarbeiten.

Material und Methoden

Seit April 2006 werden 6 Praxisbetriebe aus Grünlandregionen Bayerns bei der Umsetzung des Konzepts Vollweide mit Winterkalbung begleitet sowie produktionstechnische und ökonomische Daten erhoben (RAUCH *et. al.*, 2006).

Dies schließt auch die Erhebung der Milchleistungen aus der Milchleistungsprüfung sowie die Flächenzu- bzw. -abteilungen ein. Aus diesen Daten lassen sich verschiedene Parameter für die erzielten Leistungen errechnen. Im weiteren werden die Ergebnisse dargestellt und die Möglichkeit zur Beurteilung der Betriebe und die Nutzung der Daten in der Beratung diskutiert.

Ergebnisse und Diskussion

Verteilung der Jahresmilchmengen

Eine Frage im Zusammenhang mit der Milchleistung aus Gras ist die Wahl des Abkalbezeitpunktes. Je später dieser in das Frühjahr gelegt wird, desto größer ist der aus dem Weidefutter erzeugte Anteil. Allerdings können bei einem früheren Abkalbezeitpunkt insgesamt höhere Gesamtleistungen je Tier erreicht werden.

Für bayerische Verhältnisse wurde im Pilotprojekt eine Winterabkalbung gewählt, so dass das erste Laktationsdrittel im Stall erfüttert wird, erst nach Erreichen der Laktationsspitze beginnt die Weidefütterung.

Aber auch bei teilweise schon weitgehend umgesetzter saisonaler Abkalbung von Dezember bis Februar (Betrieb B und C) wurde 2006/2007 immer noch die Hälfte der Jahresmilchmenge mit dem kostengünstigen Vollweidesystem erzielt (Tab. 1), so dass die ökonomischen Vorteile der Weide noch zu einem großen Teil genutzt werden können.

Deutlich ist bei Betrieb A die schon vor Projektbeginn umgesetzte Frühjahrskalbung zu sehen, was einen höheren Anteil der Gesamtmilchmenge während der Weidesaison zur Folge hat.

Tab. 1: Verteilung der Jahresmilchmenge der Projektbetriebe (Berechnung aus MLP-Daten)

	Anteil der Milchmenge in %			
	Stallfütterung 05/06	Weide 06	Stallfütterung 06/07	Weide 07
Betrieb A	34,1	65,9	37,7	62,3
Betrieb B	49,8	50,2	46,6	52,4
Betrieb C	42,9	57,1	49,6	50,4
Betrieb D	48,0	52,0	43,8	56,2
Betrieb E	52,1	47,9	48,9	51,1
Betrieb F	48,3	51,7	48,5	51,5

Flächenleistung je Hektar

Ein Parameter zur Einschätzung einer effizienten Nutzung von Futterfläche ist die Milchmenge je Hektar Futterfläche. Dabei wurde die während des Vollweidezeitraums erreichte Milchmenge mit der durchschnittlichen Weidefläche verrechnet. Da bei hohen Einzeltiermilchleistungen geringe Kraftfuttermengen zugefüttert wurden, wurde ein Anteil von 5% der Milchmenge anderen Futtermitteln zugeschrieben und nicht der Flächenleistung der Weide angerechnet.

Für die Projektbetriebe ergaben sich relativ hohe Schwankungen zwischen ca. 7.800 und 15.200 kg ECM/ha mit einem mittleren Wert von ca. 11.000 kg/ha. Die Werte stimmen im wesentlichen mit den aus den Daten des Milchreports Bayern 2006 ermittelten Größenordnungen überein und liegen über dem bayerischen Durchschnitt von ca. 9.700 kg ECM/ha Hauptfutterfläche (WEIß et al., 2008).

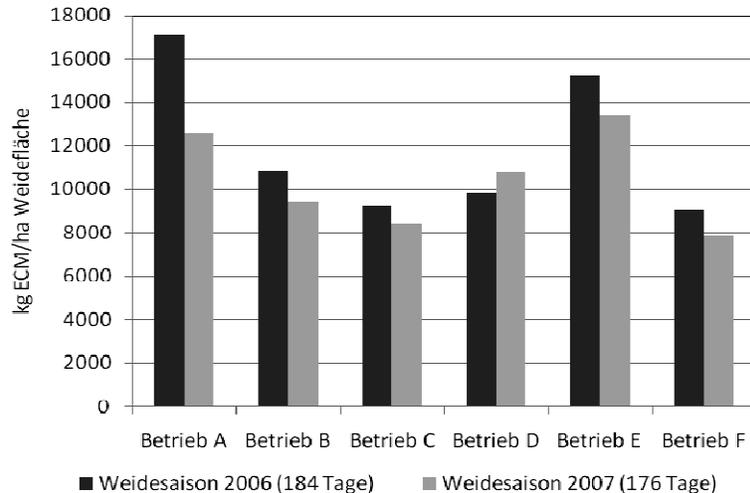


Abb. 1: Flächenleistungen der Weide (erzeugte ECM/ha Weidefläche)

Der Rückgang der Flächenleistungen von 2006 auf 2007 lässt sich auf den meisten Betrieben durch die Verschiebungen des Abkalbezeitpunkts erklären. Die Sommerkalbungen und damit hohe Leistungen während der Weidephase wurden 2007 zum größten Teil vermieden. Hierbei ist zu beachten, dass diese Leistungen der Sommerkalber auch aus einem Abbau an Körperreserven resultieren, so dass eine volle Anrechnung auf die Fläche zu diskutieren ist.

Die geringeren Leistungen des Betriebs F ergeben sich aus einem hohen Anteil von Weide-Neuansaat, die noch nicht die Narbendichte und Leistungsfähigkeit einer Dauergrünlandfläche erreichen sowie einem hohen Anteil an Jungkühen, die in ihrer Einzeltierleistung unter den Mehrkalbskühen liegen. Betrieb C weist ebenfalls im Vergleich zu den anderen Betrieben geringere Leistung auf, die auf eine zeitweise sehr kurze Bestandshöhe und klimatische ungünstigere Lage zurückzuführen sind.

Betrieb B könnte seine Effizienz der Weidefläche steigern, wenn auf die Zufütterung von bis zu 4 kg Heu täglich verzichtet würde. Bei diesem Betrieb wurden 25 % der Milchmenge auf das Heu angerechnet.

Betrieb D dagegen konnte seine Flächeneffizienz unter Vollweidebedingungen steigern, indem der Schwerpunkt bei den Abkalbungen von Herbst auf Winter verlegt wurde.

Tierzahl je Hektar Weidefläche

Eine weitere Möglichkeit, die Nutzung einer Fläche zu bewerten ist die Tierzahl je Flächeneinheit. Bei den Projektbetrieben ergibt sich eine ähnliche Rangierung wie bei der Flächeneffizienz, allerdings treten hier je nach Jahresmilchleistung des Betriebs Verschiebungen auf. Eine Erhöhung der Tierzahl bei gleichzeitiger Abnahme der Einzeltierleistung kann die Flächenleistung nicht auf gleichem Niveau halten.

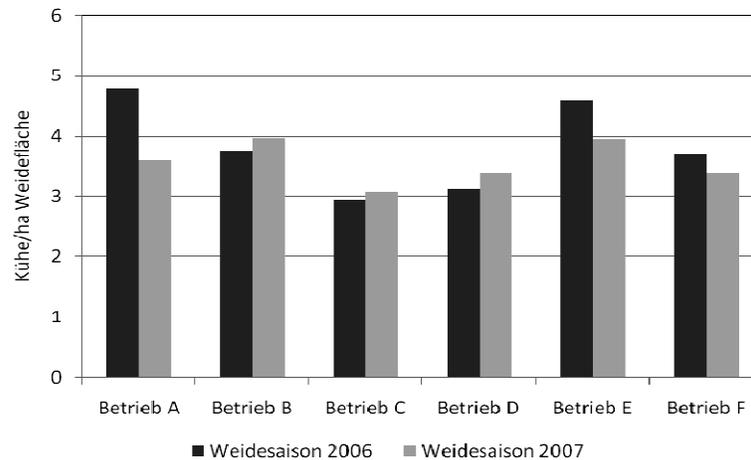


Abb. 2: Tierzahl während der Vollweideperiode je Hektar Weidefläche

Schlussfolgerungen

Die Flächenleistungen der Projektbetriebe schwanken je nach betrieblichen Voraussetzungen und Leistungsvermögen der Fläche und der Tiere. Im Mittel sind aber während der Weide im Vergleich zum bayerischen Durchschnitt zufriedenstellende Leistungen erreicht worden. Zur Schwachstellenanalyse ist die Verwendung der Kenngrößen zu empfehlen.

Die Ausweisung der Flächenleistung zeigt nach vorläufigen Auswertungen eine gute Übereinstimmung mit dem betriebswirtschaftlichen Erfolg auf den Betrieben. Für die Aussage der Milchleistung je ha Weide ist eine weitgehende Erfassung des Beifutters erforderlich.

Die Auswertung der Betriebszweigauswertung für die Projektbetriebe im Herbst 2008 wird zeigen, ob die Rangierung mit dem betriebswirtschaftlichen Erfolg übereinstimmt und der Parameter Milchleistung je ha Weide zum Vergleich von unterschiedlichen Systemen geeignet ist.

Literatur

- DORFNER, G. (2008): Strategien für die Weiterentwicklung der Milchviehhaltung. Effiziente Grünlandbewirtschaftung. Deutscher Grünlandtag, 22. Allgäuer Grünlandtag 2008. LfL-Schriftenreihe 7/2008, 49-57.
- DORFNER, G. und HOFMANN, G. (2007): Milchreport 2006 kompakt. Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Milchproduktion 2005/2006. http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/30006/linkurl_0_2.pdf
- RAUCH, P., STEINBERGER S., SPIEKERS, H. (2006): Projekt Vollweide bei Winterkalbung. Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau – 50. Jahrestagung der AGGF: LfL-Schriftenreihe 17, 59-62.
- WEIß, D., SCHNEIDER, S., BELLOF, G., DORFNER, G., SCHÄUFELE, R., AUERSWALD, R., THOMET, P. (2008): Effizienz im Milchviehbetrieb. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung in Fulda, 9. und 10. 4. 08. Tagungsband, 101-104.

Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung im Vergleich Deutschland –Schweiz

M. Schick

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Email: matthias.schick@art.admin.ch

Zusammenfassung

Die systembedingte hohe Arbeitsintensität in der Milchviehhaltung erfordert den Einbezug des Arbeitszeitbedarfes in die Betrachtung der Nachhaltigkeit des Gesamtsystems. Die messbaren Indikatoren Arbeitszeitbedarf und Arbeitsproduktivität leisten hierzu einen wesentlichen Beitrag.

Zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfes stehen in Deutschland und in der Schweiz Zeitmessungen und Modellkalkulationen auf der Ebene von Arbeitselementen und -verfahren zur Verfügung. Diese sind mit identischen Methoden erfasst worden. Milchproduktionssysteme mit Bestandesgrößen zwischen 12 und 200 Milchkühen erfordern einen Gesamtarbeitszeitbedarf zwischen 107 und ca. 55 AKh je Kuh und Jahr. Die Arbeitsproduktivität ohne Jungviehaufzucht liegt dabei in einem Bereich zwischen 80 und mehr als 160 kg ECM/AKh und hängt von der eingesetzten Verfahrenstechnik, der Produktionsintensität, der Bestandesgröße und der Arbeitsorganisation ab. Die länderspezifischen Unterschiede basieren im Wesentlichen auf den verschiedenen Flächenausstattungen, Bestandesgrößen und Entfernungen.

Methodik

Die Erfassung der arbeitswirtschaftlichen Grunddaten für verschiedenste Arbeitsverfahren (z.B. Melken, Füttern, Misten, Sonderarbeiten) erfolgt in Form von Arbeitszeitmessungen auf der Stufe des Arbeitselements. Die auf jedes Arbeitselement wirkenden Einflussgrößen (z.B. Weglänge, Milchmenge, Futtermasse) werden während und nach den Zeitmessungen erfasst. Das statistisch ausgewertete Datenmaterial wird in Form von abgesicherten Planzeitwerten und -funktionen aufbereitet und für weitergehende Berechnungen in Einzelmodulen abgelegt. Ein einfaches Hilfsmittel zur zeitwirtschaftlichen Analyse von Arbeitsverfahren in der Innenwirtschaft kann mit dem Modellkalkulationssystem PROOF und dem Arbeitsvoranschlagssystem von Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) zur Verfügung gestellt werden (SCHICK 2000, 2003, 2008).

Ergebnisse Arbeitszeitbedarf

Der Arbeitszeitbedarf je Kuh und Jahr sowie je Bestand und Tag ist für ein Standardsystem Milchviehhaltung (Boxenlaufstall, Fischgrätenmelkstand, Ganzjahressilage mit Futtermischwagen, Fahrsilo) mit einer durchschnittlichen Milch-

leistung von ca. 8000 kg je Kuh und Jahr in der folgenden Abbildung 1 dargestellt.

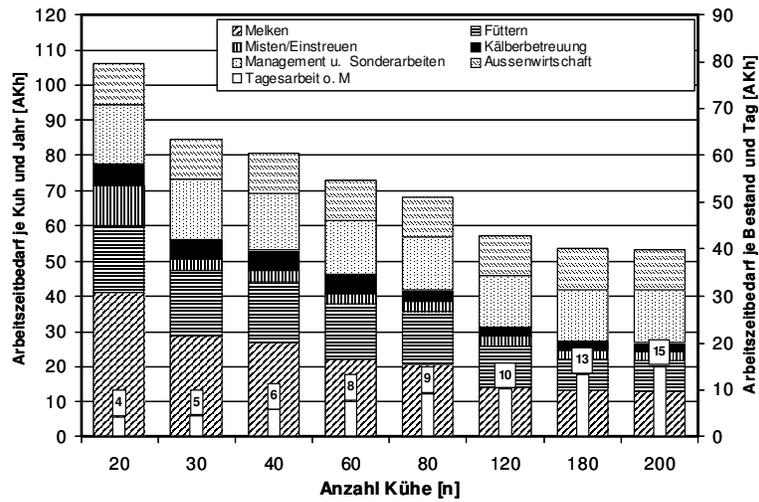


Abb. 1: Der Gesamtarbeitszeitbedarf je Kuh und Jahr sowie die Arbeitszeit je Bestand und Tag aus der Innenwirtschaft (ohne Management [o.M.]) zeigen einerseits die Degressionseffekte in der Milchviehhaltung. Andererseits wird aber auch die zunehmende notwendige Präsenzzeit ersichtlich.

Es wird verdeutlicht, dass der Einsparungseffekt an Arbeitszeit je Kuh und Jahr bei einer Bestandesveränderung von 30 auf 60 Kühe in diesem System ca. 12 AKh bzw. 14 % beträgt. Bei einer weiteren Ausdehnung auf 120 Kühe vergrößert sich die mögliche Einsparung nochmals auf 15.7 AKh je Kuh und Jahr bzw. auf 21 %. Dies ist vorwiegend auf den Rationalisierungsgrad und die verbesserte Auslastung der Arbeitskräfte bei den Melk- und Fütterungsarbeiten zurückzuführen. Dieser zusätzliche Einsparungseffekt ist allerdings nur bei optimaler Anordnung der Stallgebäude mit kurzen Wegen für alle Beteiligten realisierbar.

Für den Vergleich der verschiedenen Produktionssysteme wurden drei Bestandesgrößen mit 30, 60 und 120 Milchkühen ausgewählt (siehe Tab. 1 und Abb. 2). Die Bestandesgrößen mit 30 und 60 Milchkühen sind als Familienbetriebe ohne Angestellte geführt. Die Betriebe mit 120 Milchkühen werden als Betriebe mit Lohnarbeitskräften geführt. Es wird deutlich, dass der Anbindestall unabhängig von der Bestandesgröße immer den höchsten Arbeitszeitbedarf verursacht. Alle Laufstallsysteme erfordern weniger Arbeit. Die Produktionssysteme mit Weide im Sommer und Konservierungsfutter im Winter verursachen mehr Arbeit als diejenigen mit Ganzjahressilage.

Tab. 1: Erläuterungen zu den untersuchten Produktionssystemen

Anbindestall_7000_W	Anbindestall mit Kurzstand, Rohrmelkanlage, 7000 kg Jahresmilch, Hochsilo und Rundballen, Weideentfernung 100 m
Laufstall_7000_W	Laufstall mit Tiefboxen, Fischgrätenmelkstand, 7000 kg Jahresmilch, Hochsilo und Rundballen, Weideentfernung 100 m
Laufstall_8000_S	Laufstall mit Hochboxen, Fischgrätenmelkstand mit Servicearm, 8000 kg Jahresmilch, Flachsilo, Ganzjahressilage, Fräsmischwagen
Laufstall_10000_S	Laufstall mit Hochboxen, Fischgrätenmelkstand mit Servicearm und Anrüstautomat, 8000 kg Jahresmilch, Ganzjahressilage, Flachsilo, Fräsmischwagen

Workshop 2

Effizienz in graslandbasierten Milch- und Fleischproduktionssystemen

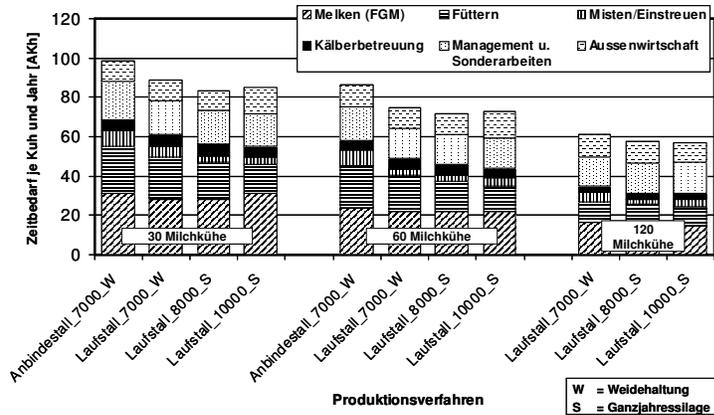


Abb. 2: Der Arbeitszeitbedarf für die verschiedenen Produktionssysteme zeigt die arbeitswirtschaftliche relative Vorzüglichkeit der einzelnen Systeme bei verschiedenen Bestandesgrößen auf.

Ergebnisse Arbeitsproduktivität

Die physische Arbeitsproduktivität des Gesamtsystems Milchviehhaltung ergibt sich aus dem Quotienten der gesamten Produktionsmenge (kg ECM) und eingesetzter Gesamtarbeitszeit (AKh) für Innenwirtschaft, Aussenwirtschaft und Management. In der Innenwirtschaft findet die Jungviehaufzucht keine Berücksichtigung bei der Berechnung der Arbeitsproduktivität.

Durch die Aufteilung der anfallenden Rüst- und Reinigungstätigkeiten auf mehr Milchkühe lässt sich die Arbeitsproduktivität bei allen Produktionssystem von 71 kg ECM/AKh bei 30 Milchkühen auf mehr als 175 kg ECM/AKh bei 120 Milchkühen steigern (siehe Abb. 3). Dies ist mehr als eine Verdoppelung. Durch den Einsatz einer schlagkräftigen Lohnunternehmermechanisierung und die Auslagerung einzelner Arbeits- und ganzer Produktionsverfahren (z.B. Gülle ausbringen, Klauenpflege, Stallreinigung, Futterkonservierung) lässt sich die Arbeitsproduktivität weiter erhöhen.

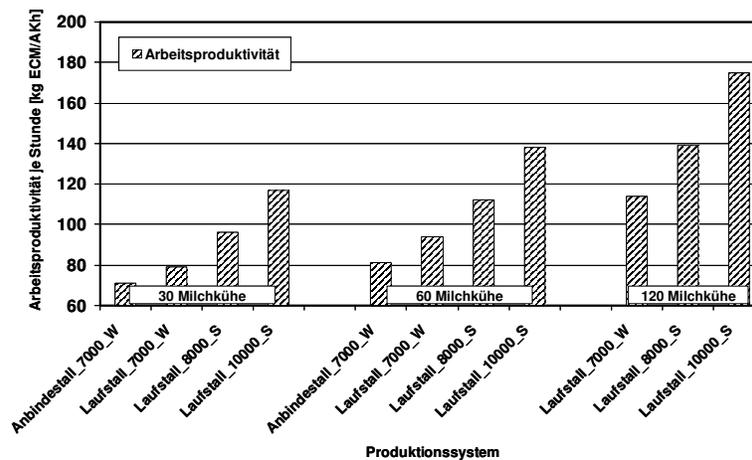


Abb. 3: Die physische Arbeitsproduktivität nimmt erwartungsgemäss mit zunehmender Bestandesgrösse bis zu 120 Kühen zu (ECM = Energiekorrigierte Milchmenge).

Bedingt durch die unterschiedlichen Bestandesgrößen in der Schweiz und in Deutschland ergeben sich deutliche Unterschiede in der mittleren Arbeitsproduktivität. Mit durchschnittlich 16 Milchkühen beträgt die Arbeitsproduktivität in der Schweiz lediglich 47 kg/AKh. In Deutschland liegt dieser Wert dagegen im Mittel bei 90 kg/AKh (31 Milchkühe).

Erwartungsgemäss hat das Produktionssystem Anbindestall mit dem höchsten Arbeitszeitbedarf die niedrigste Arbeitsproduktivität. Die Produktionssysteme mit geringen Intensitäten in der Innenwirtschaft erreichen nur dann Arbeitsproduktivitäten von mehr als 120 kg ECM/AKh, wenn für die Aussenwirtschaft ein hoher Mechanisierungsgrad mit viel Lohnunternehmereinsatz angenommen wird. Erfolgt die Sommerfütterung als kombinierte Fütterung in Form von Gras und Weide, oder auch Silage und Weide, so hat dies ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität. Vollweidebasierte, arrundierte Produktionssysteme mit kurzen Treibwegen und gezieltem saisonalen Abkalbemanagement sind demgegenüber wieder vorteilhaft anzusehen. Produktionssysteme mit hohen Milchleistungen und Ganzjahressilage erreichen bei allen Bestandesgrößen die höchsten Arbeitsproduktivitäten.

Schlussfolgerungen

Die Arbeitsproduktivität für Milchproduktionssysteme wird wesentlich durch die Tätigkeiten in der Innenwirtschaft bestimmt.

Aus arbeitswirtschaftlicher Sichtweise weisen alle in die Betrachtungen einbezogenen Milchproduktionssysteme im Vergleich Deutschland und Schweiz jeweils für sich Vor- und Nachteile auf. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad vermindert sich der Zeitbedarf und die physische Arbeitsproduktivität steigt an. Die Anforderungen an die Arbeitsperson nehmen aber ständig zu. Zur besseren Entscheidungsfindung können Tabellen und Checklisten beitragen. Beispiele hierfür sind auf der Homepage von ART zu finden (siehe: www.art.admin.ch → Themen → Arbeitswirtschaft → Publikationen).

Literatur

- SCHICK, M. (2000): Modellierung von Zeitbedarf und Massenfluss am Beispiel verschiedener Melkverfahren. 12. Arbeitswissenschaftliches Seminar Weihenstephan, Tagungsband, Landtechnik-Schrift Nr. 11, S. 61 – 68
- SCHICK, M. (2003): Arbeitsorganisation und Zeitplanung in der Milchviehhaltung. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2003 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Vechta. S. 503 – 506
- SCHICK, M. (2008): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Verlag Ergonomia-Stuttgart, 1. Auflage 144 Seiten.

Weidebasierte Fleischproduktion auf Fruchtfolgeflächen des Schweizer-Mittellandes

R. Schmied¹, E. Mosimann² und P. Kunz¹

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen, Email: ruedi.schmied@shl.bfh.ch

² Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 Nyon

Einleitung und Problemstellung

Viele kombinierte Milchvieh-Ackerbau-Betriebe werden in den nächsten Jahren die Milchproduktion aufgeben, weil sie wegen sinkender Preise die Vollkosten nicht mehr decken können. Die Kunstwiesenjahre innerhalb der Fruchtfolge werden nicht mehr benötigt. Dies hat vermutlich negative Konsequenzen für die Bodenfruchtbarkeit (biologische Stickstofffixierung, Bodenstruktur etc.). Es soll untersucht werden, ob die Fleischproduktion auf temporären Weiden – Ansaat nach Getreide und 2 bis 3 Hauptnutzungsjahre – eine ökonomische Alternative sein könnte.

In der Schweiz wird Rindfleisch hauptsächlich im Stall mit einer Futtermation bestehend aus Maissilage, Getreide und Proteinkonzentraten produziert. Die Weidemast ist als extensives Produktionssystem und in der Mutterkuhhaltung bekannt. In der Schweiz ist eine Mast auf Kunstwiese weitgehend unbekannt. Im Ausland existieren Produktionssysteme, die sich sowohl bezüglich der Qualität der Produkte als auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit bewährt haben. Infolge steigender Kraftfutterpreise könnte die Weidemast in Zukunft eine Alternative zur herkömmlichen Mast werden. Im vorliegenden Projekt geht es darum, ein weidebasiertes Produktionssystem zu entwickeln, das an die schweizerischen Bedingungen angepasst ist (u.a. bezüglich Schlachtviehmarkt, Klima und Gesetzgebung).

Material und Methoden

Versuchsanlage: Im Schweizerischen Mittelland wurde auf vier Betrieben im Herbst 2006 nach Getreide 2 x 1.2 ha Kunstwiese angesät. (a: Standardmischung 460, b: Weissklee-Gräser Mischung mit dem trockenheitsresistenten Rohrschwengel (Belfine)). Standorte: Bellechasse FR, Moudon VD, St Urban LU und Chevroux VD.

Während der Weidesaison 2007/08 wurden auf diesen zwei Weidemischungen je 10 Tiere (Ochsen und Rinder) der Rasse Aberdeen Angus, Limousin und Kreuzungstiere (Milchrassen x Fleischrassen) ausgemästet. Das Lebendgewicht betrug zu Weidebeginn im April zwischen 300 und 450 kg. Den Tieren stand während der Vegetationsperiode die gesamte Weidefläche zur Verfügung (Kurzrasenweide). Wenn möglich wurde im Herbst die Weidefläche durch Zwischenfutter erweitert. Ein Teil der Tiere wurde im Laufe der Vegetationsperiode

geschlachtet. Falls eine Wachstumsdepression in den Sommermonaten auftrat, wurde konserviertes Futter von der gleichen Parzelle zugefüttert.

Im Herbst erhielten die Tiere zusätzlich Kraftfutter und/oder Zwischenfutter, damit alle Ochsen und Rinder vor dem Winter geschlachtet werden konnten.

Datenerhebung: Die Ertragerhebung der Wiese erfolgte mit der Methode nach Corrall & Fenlon (1977). Das Lebendgewicht wurde monatlich erhoben. Die Schlachtviehbeurteilung wurde mit Hilfe der CH-TAX durchgeführt. Die Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems wurde pro ha und Tier ausgedrückt.

Auf allen 4 Betrieben wurden zusätzlich Weideeinrichtungen individuell entwickelt und getestet.

Praktische Versuchsdurchführung: Im Versuchsjahr 2007 erfolgte der Weidebeginn an den vier Standorten zwischen dem 28. März und 10. April. Die Tiere blieben während der ganzen Vegetationsperiode auf der Weide, ausser in St. Urban, wo sie wegen ungenügendem Grasangebot ab Juli im Stall zusätzlich halbtags gefüttert wurden. Die Stallfütterung bestand aus einer Totalmischration bestehend aus Maissilage, Grassilage und Heu.

Wegen eines Kokzidienbefalls erreichte im Jahr 2007 kein Tier am Versuchsstandort Bellechasse den Ausmastgrad auf der Weide. Die Ochsen und Rinder wurden nach Ende der Weideperiode im Stall ausgemästet. Rinder und Ochsen, die den erforderlichen Ausmastgrad erreichten wurden fortlaufend geschlachtet.

Für die Haltung von Nutztieren im Freien werden vom Tierschutzgesetz und der Tierschutzverordnung Mindestanforderungen verlangt. Bei Hitze und Sonneneinstrahlung im Sommer müssen die Tiere einen Schattenplatz aufsuchen können, z.B. eine Baumgruppe, einen Gebäudeschatten oder eine Bedachung. An 2 Versuchsstandorten erfüllten dies vorhandene Bäume und Hecken. Am Versuchsstandort Moudon wurde eine Holzbalkenkonstruktion überspannt mit einem Windschutznetz errichtet.

Die Tiere müssen grundsätzlich immer Zugang zu Wasser haben. An 3 Standorten, an denen sich die Weiden in Stallnähe befanden, wurden fixe Tränkebecken mit direktem Anschluss ans Wassernetz installiert. Am Versuchsstandort Bellechasse wurde die Wasserversorgung mit einem Tränkefass sichergestellt.

Die Einzäunung erfolgte an allen Standorten mit einem mobilen Elektrozaun, was sich als ausreichend erwies.

Ergebnisse und Diskussion

Graswachstum: Die Produktivität der Klee-gras-Weide-Mischung mit dem Rohrschwengel (Belfine) konnte wegen ausreichenden Niederschlägen im Versuchsjahr 2007 nicht wie gewünscht getestet werden. Gegenüber der Standardmischung 460 war das Graswachstum im Frühling weniger hoch, es wies jedoch eine bessere Persistenz auf (Abb. 1).

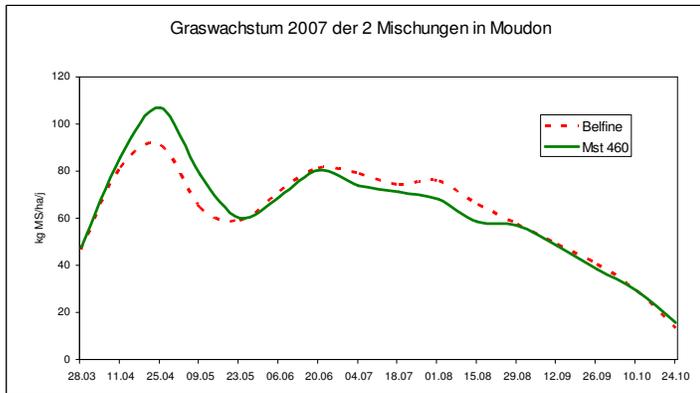


Abb. 1: Graswachstumsverlauf während der Weideperiode 2007 am Beispiel des Versuchsstandorts Moudon für die Grasbestände „Belfine“ und „Standardmischung 460“

Gewichtsentwicklung der Versuchstiere: Die Gewichtszunahmen schwankten relativ stark von Monat zu Monat (Abb. 2). Die erste Wägung im März wurde jeweils noch während der Winterfütterung vorgenommen. Wegen einer zu geringen Weidefläche am Versuchsstandort St. Urban sind die Tageszunahmen im Juni und Juli stark zurückgegangen. Darum wurden die Tiere anschliessend im Stall zusätzlich gefüttert. Am Versuchsstandort Bellechasse erkrankten die Tiere im Oktober an Kokzidiose und erreichten das Schlachtengewicht auf der Weide nicht mehr. An den Standorten Chevroux und Moudon wurden während der Weideperiode Tageszunahmen von 800 bis 900 g erreicht.

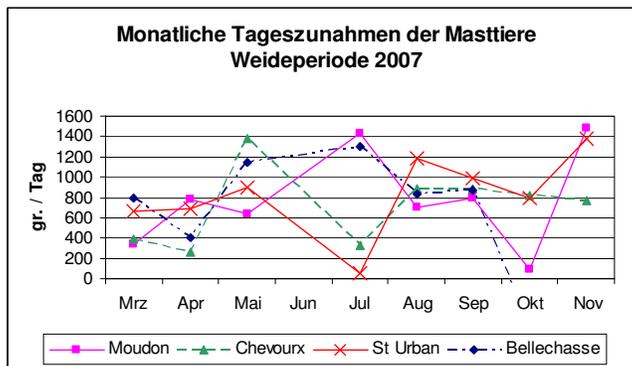


Abb. 2: Gewichtszunahmen der Versuchstiere (g/Tag), berechnet aus den monatlichen Wägungen an allen 4 Standorten im Durchschnitt für beide Grasbestände

Schlachtkörperqualität: Die Schlachtkörperqualität war abhängig von der Tiergenetik. Die reinen Aberdeen Angus- und Limousin-Tiere sowie Kreuzungen mit Aberdeen Angus oder Limousin erreichten die Klassierung C oder H. Alle Tiere wurden mit einem Ausmastgrad im Fettgewebe von gleichmässig bis stark gedeckt geschlachtet (Abb. 3).

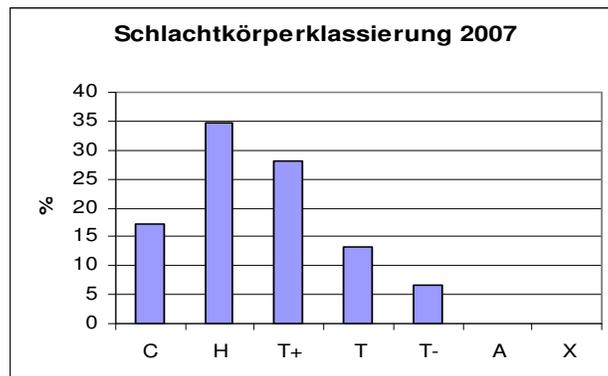


Abb. 3: Klassierung der Schlachtkörper nach CH-TAX (C= sehr vollfleischig bis X= sehr leerfleischig)

Wirtschaftlichkeit: Die Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems wurde von den Produktionskosten und den Marktpreisen beeinflusst. Die Ochsen und Rinder wurden als Mastremonten zugekauft und verbrachten nur einen Winter im Stall, womit Kosten eingespart werden konnten. Die Tiere an den Standorten Moudon und Chevroux hatten einen höheren Fleischrasenanteil und konnten über das Label SwissPrimBeef vermarktet werden, wodurch ein höherer Schlachtpreis erzielt werden konnte

Tabelle 1. Deckungsbeiträge für das Jahr 2007 in CHF / Tier für Muni und Bio Weide-Beef aus dem Deckungsbeitragskatalog (AGRIDEA) und für die Tiere der Versuchsstandorte Moudon und Chevroux

Muni, intensiv	418
Bio Weide-Beef	578
Versuchsstandort: Moudon	703
Versuchsstandort: Chevroux	1005

Zusammenfassung

Tiere, welche bei Weidebeginn über 300 kg wiegen, können während einer Weideperiode das Schlachtendgewicht und den gewünschten Ausmastgrad erreichen.

Eine Klee gras-Mischung mit einer guten Persistenz ermöglicht eine Optimierung zwischen Futterangebot und Futterverzehr.

Geeignete Mastrassen sind eine Voraussetzung zur Produktion von Qualitäts-Rindfleisch.

Schlussfolgerungen

Die Rindfleischproduktion auf Fruchtfolgeflächen ist ein Produktionssystem, das auf einem intensiven Weidemanagement und einer kostengünstigen Infrastruktur beruht.

Wenn die Grasqualität und Quantität stimmt, können Ochsen und Rinder auf einer Klee gras-Mischung ausgemästet werden.

Dieses Produktionssystem ist im Vergleich mit andern Rindfleischproduktionssystemen wirtschaftlich interessant.

Literatur

CORRAL A.J. AND FENLON J.S., (1977): A comparative methode for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Sciences* **91**, 61-67.

PROVIANDE, (2005): CH-TAX Einschätzung für Schlachttiere und Schlachtkörper (Rindvieh, Schafe).

AGRIDEA, FIBL, (2007): Deckungsbeiträge Ausgabe 2007.

Betriebswirtschaftlicher Systemvergleich Rindfleischerzeugung

D. Weiß¹, J. Vögtlin², B. Wippel²

¹Mühlenweg 12a, D-85354 Freising, Email: weiss@wzw.tum.de

²ARGE Weidesysteme, Kaiser-Joseph-Str. 230, D-79098 Freiburg

Einleitung und Problemstellung

In Deutschland hat sich in den letzten Jahrzehnten die Rindfleischerzeugung im wesentlichen auf intensive Mastsysteme auf Basis von Maissilage und Konzentratergänzung fokussiert. Ursache dieser Entwicklung waren betriebswirtschaftliche Gründe in Form von kostengünstigen Futtermitteln (Silomais, Getreide, Extraktionsschrote). Im selben Zeitraum kam es zu einem erheblichen Verlust von Grünlandflächen, insbesondere auch von naturschutzfachlich wertvollen Marginalstandorten (STATISTISCHES BUNDESAMT 2007).

In jüngster Vergangenheit führte die Neuorientierung der europäischen Agrarpolitik und die Entwicklungen der Weltagrarmärkte dazu, dass Ackerfutterbausysteme Kostenvorteile eingebüßt haben. Für die Erzeugung von Rindfleisch mittels grünlandbasierter Systeme könnten sich damit neue Möglichkeiten eröffnen. Im vorliegenden Beitrag werden drei verschiedene Systeme der Rindfleischerzeugung aus produktionstechnischer und betriebswirtschaftlicher Sicht gegenübergestellt.

Material und Methoden

Die betriebswirtschaftliche Analyse erfolgt in Anlehnung an das Schema zur Betriebszweigauswertung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG, 2004). Ausgewiesen werden die Vollkosten und der Gewinn der Rindfleischerzeugung jeweils mit und ohne betriebstypische öffentliche Transferzahlungen.

Es werden die Verfahren der intensiven Bullenmast, der Mutterkuhhaltung und die Ochsen- bzw. Färsenmast gegenübergestellt. Die Analyse bezieht sich auf Betriebsgrößen eines typischen, praxisüblichen Familienbetriebes unter süddeutschen Verhältnissen. Die Analyse der Grünlandverfahren unterscheiden zwischen einem vergleichsweise guten Ertragsniveau und einem „Landschaftspflegebetrieb“ der durch VÖGTLIN UND WIPPEL (2003) bereits beschrieben wurden. Im Grünlandbetrieb wird eine Nutzungsquote von 80 % des Grünlandaufwuchses unterstellt. Für die Grünlandverfahren wird zur Minimierung der Kosten eine ganzjährige Außenhaltung ohne Futterzukauf (Ausnahme Mineralstoffergänzung) zugrundegelegt. Entsprechend den Standortverhältnissen einer Mittelgebirgsregion wird ein Weidefutteranteil von 60 % an der Jahresration vorausgesetzt. Das Produktionsverfahren Grünland wird gezielt dem saisonalen Verlauf des Graswachstums angepasst (saisonale Abkalbung, Nutzung des kompensatorischen Wachstums). Die kalkulierten täglichen Zunahmen bewegen sich daher auf einem niedrigen Niveau.

Die Bullenmast orientiert sich bezüglich der Faktoransprüche an den praxisüblichen Verfahren (FAULHABER, 2008).

Entsprechend dem Modell der Betriebszweigauswertung werden alle Ansprüche des Produktionsverfahrens zu Vollkosten bewertet (Tabelle 2). Innerbetriebliche Faktorkosten werden wie der Lohnansatz für die betriebseigenen Arbeitskräfte, Zinsansätze für das Kapital und Pachtansätze für die Flächen in der Übersicht separat ausgewiesen.

In einem weiteren Schritt erfolgt eine Sensitivitätsanalyse. Die Erlöse für das erzeugte Fleisch wie auch die Kosten für landwirtschaftliche Vorprodukte (Tierzukaufe, Pachtkosten, und Kosten für Zukaufsfuttermittel) wurden im Bereich von -25 bis 50 % variiert (Abbildung 1)

Tab. 1: Betriebsmodelle Rindfleischerzeugung

	Grünland "Ökoflächen"		Grünland intensiv		Bullenmast
	Mutterkühe	Ochsen	Mutterkühe	Ochsen	
Futterfläche, ha	70	70	70	70	23
TS Ertrag, dt TS/ha	40	40	100	100	140
Fütterungssystem	Weide	Weide	Weide	Weide	Mais, Konzentrat-ergänzung
Aufstallung	ganzjährige Außenhaltung ohne Stall				ganzjährige Stallhaltung
Anzahl Tiere, n	37	77	93	193	139
produzierte Einheiten, n	29	30	73	74	100
tägliche Zunahmen, g/Tag		650		650	1250
Produktion kg SG pro ha	91	163	228	406	726
Arbeitszeitbedarf Tierhaltung mit Futtevorlage, h/n	25	9	25	9	8
Pachtkosten, €/ha	0	0	200	200	400
Anteil konserviertem Futter, %	40	40	40	40	100
zusätzliche Pflegekosten, €/ha	150	150	0	0	0
Öffentliche Transferzahlungen					
entkoppelte Betriebsprämie, €/ha	200	200	300	300	400
„Ökoförderung“ (MEKA, KULAP o.ä.), €/ha	250	250	150	150	0

Ergebnisse und Diskussion

Unter aktuellen Marktbedingungen (Rindfleischpreis 3 €/kg Schlachtgewicht, 550 € für 10 monatigen Mutterkuhabsetzer, hohe Getreidepreise) kann mit keinem der diskutierten Verfahren eine Vollkostendeckung erreicht werden. In der Mastbullenhaltung ist es, in der diskutierten Betriebgröße und den zugrundegelegten tierischen Leistungen selbst mit unter Anrechnung der, mittlerweile von der Produktion entkoppelten Betriebsprämien, nicht möglich ein positives Ergebnis zu erwirtschaften. Die vorgestellten Modelle der Fleischerzeugung auf Grünland ermöglichen, unter Berücksichtigung der Betriebs- und Ökoprämien,

eine durchaus attraktive Arbeitszeitvergütung. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit erscheint eine konsequente Kostenreduktion durch den Verzicht auf einen Stall und die Maximierung des Weideanteils in der Futterration.

Tab. 2: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen

	Grünland "Ökoflächen"		Grünland intensiv		Bullenmast
	Mutterkühe	Ochsen	Mutterkühe	Ochsen	
Erlös					
Tierverkauf	21'750	34'672	54'374	86'681	117'306
Direktkosten					
Tierzukauf	1'500	9'045	1'500	22'611	40'800
Tierarzt, Medikamente	1'000	500	2'514	1'253	2'200
Wasser/Energie	200	200	400	400	1'000
Aufzuchtkosten	0	3'769	0	9'421	12'750
Kraffutter	500	500	1'000	1'000	28'000
Grundfutter	11'200	11'200	32'667	32'667	33'113
Zinsansatz Viehkapital	2'590	3'080	6'510	7'720	5'560
Arbeitsverledigungskosten					
Personalaufwand (fremd)	10'500	10'500	0	0	0
Lohnansatz	11'667	8'690	29'167	21'724	10'000
Lohnarbeit/Maschinenmiete	500	500	1'000	1'000	500
AfA Maschinen	1'500	1'500	2'000	2'000	2'000
Maschinenunterhalt	500	500	800	800	800
Treibstoff	1'500	1'500	3'000	3'000	4'000
Energie	200	200	400	400	1'000
Zinsansatz Maschinenkapital	375	375	500	500	500
Gebäudekosten					
Unterhalt	400	400	800	800	2'780
AfA Gebäude	1'000	1'000	2'000	2'000	6'950
Versicherung	0	0	0	0	500
Zinsansatz Gebäudekapital	500	500	1'000	1'000	3'475
Sonstige Kosten					
Beiträge und Gebühren	500	500	800	800	800
Sonstige Versicherungen	500	500	800	800	800
Buchführung, Beratung	500	500	800	800	800
Summe Kosten	47'132	55'458	87'657	110'697	158'328
Saldo Kosten und Leistungen	-25'382	-20'785	-33'283	-24'016	-41'022
kalkulatorische Kosten	14'632	8'690	39'667	32'224	18'872
Gewinn ohne Faktorkosten	-10'750	-12'096	6'384	8'209	-22'150
Betriebsprämien (BIP)	14'000	14'000	21'000	21'000	8'872
Ökoprämien	17'500	17'500	10'500	10'500	0
Gewinn ohne Faktorkosten incl. Transferzahlungen	20'750	19'404	37'884	39'709	-13'278
Arbeitszeitbedarf Tierbetreuung, h	933	695	2'333	1'738	1'109
Arbeitsentlohnung ohne Faktorkosten incl. Transferzahlungen, €/h	22	28	16	23	-12

Die Effekte steigender Marktpreise für Rindfleisch und analog hierzu auch für die landwirtschaftlichen Betriebsmittel haben differierende Effekte auf den Betriebsgewinn. Extensive Verfahren auf marginalen Standorten (Ökoflächen)

werden vom Marktgeschehen wenig beeinflusst, die Schlachterlöse sind in der Regel geringer als die öffentlichen Transferzahlungen. Die Fleischerzeugung auf produktiven Grünlandstandorten reagiert mit etwa 10.000 € Gewinndifferenz auf eine Veränderung der Rindfleischerlöse und des landwirtschaftlichen Marktumfeldes mit $\pm 20\%$. Die Gewinne der Bullenmast reagieren deutlich schwächer auf Veränderungen des Marktumfeldes.

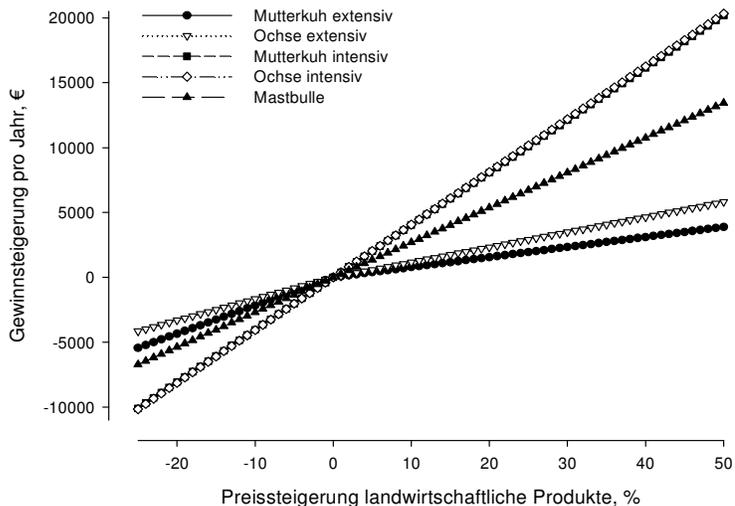


Abbildung 1: Gewinnveränderung innerhalb der Modelbetriebe durch die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktpreise

Die Modellrechnung zeigt, dass Verfahren der Rindfleischerzeugung auf Grünland im aktuellen Marktumfeld konkurrenzfähig zur intensiven Mastbullenhaltung sind. Angesichts der allgemein unbefriedigenden Marktsituation für die Rindfleischerzeuger ist mittel- und langfristig von einem sinkenden Angebot und steigenden Marktpreisen für Rindfleisch auszugehen. Dies könnte die wirtschaftlichen Vorteile für die Rindfleischerzeugung auf grünlandbasierten Systemen noch zusätzlich verbessern.

Literatur

DLG (Hrsg.) 2004 Die neue Betriebszweigabrechnung, DLG Verlag Frankfurt, 120 S.

FAULHABER, I. 2008 Berechnung des Deckungsbeitrages der Bullenmast onlineabruf am 1.7.08 unter:

http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/db_berechnung.php?was=bullenmast&PHPSESSID=5496130715fc9f0b6d4346c4bb7e0887

STATISTISCHES BUNDESAMT (2007): Landwirtschaftlich genutzte Flächen nach Kulturarten. Statistischer Jahrbuch 2007. S. 344.

VÖGTLIN, J. WIPPEL, B. 2003 Ökonomische Tragfähigkeit extensiver Weidesysteme im Südschwarzwald. Modellrechnungen für einen Beispielbetrieb. Naturschutz und Landschaftsplanung Jg.: 35, Nr.10, 297-301

WIPPEL, B. 2008 Ganzjahresweide - ein Modell für den Südschwarzwald. landinfo 2/2008, 36-39

Produktivität einer extensiven Mähstandweide mit Rindern

M. Hofmann¹⁾, C. Kinert, S. Fischer und G. Riehl

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Grünland, Feldfutterbau, Christgrün 13, 08543 Pöhl¹⁾; Email: Martina.Hofmann@smul.sachsen.de

Einleitung und Problemstellung

Eine extensive Beweidung mit Fleischrindern bei Verzicht auf mineralische Stickstoffdüngung stellt ein hinsichtlich Kosten- und Arbeitsaufwand günstiges Weidesystem dar. In dem vorliegenden Beitrag soll untersucht werden, welche Weideleistung dieses Weidesystem ermöglicht. Für einen Zeitraum von über zehn Jahren werden die Ergebnisse einer Mähstandweide-Nutzung ohne mineralische N-Düngung mit einer Nutzung mit mineralischer Stickstoffdüngung (120 kg mineralische N-Düngung je Hektar und Jahr) verglichen. Die beiden im Folgenden als 'konventionell' bzw. 'extensiv' bezeichneten Varianten stellen Mähstandweide-Systeme auf mittlerem bzw. niedrigem Intensitätsniveau hinsichtlich der N-Düngung dar. Im Einzelnen soll gezeigt werden, welche Unterschiede in Bezug auf den jahreszeitlichen Futterzuwachs, die Aufwuchsmenge, die Qualität von Futterangebot und aufgenommenem Futter sowie die tierische Leistung bestehen.

Material und Methoden

Der Mähstandweideversuch am Standort Christgrün (Vogtland/Sachsen, 50°34' N, 12°12' O, 420 m ü. NN, langjähriges Mittel: 722 mm Niederschlag, 7,4 °C) wurde in 1997 angelegt. Die Mähstandweide wird seither in zwei unterschiedlichen Intensitäten genutzt (nähere Informationen in RIEHL UND WAGNER 2008):

(1) System 'konventionell': Nutzung mit mineralischer Stickstoffdüngung in Höhe von max. 120 kg N/ha und Jahr (unter Berücksichtigung der Weidetierexkrementen),

(2) System 'extensiv': Nutzung ohne mineralische Stickstoffdüngung.

Die Flächengröße der beiden Mähweide-Systeme beträgt jeweils ca. 3,5 ha. Die Tiere erhalten Mineralfutter, aber kein Krafffutter. Zu Beginn der Weideperiode und bei extremem Futtermangel aufgrund von Trockenheit wird Heu zugefüttert. Die Vegetation kann pflanzensoziologisch einem mäßig artenreichen *Lolio-Cynesuretum* zugeordnet werden. Der pH-Wert und die Bodenmakronährstoffe liegen auf einem guten Niveau (mindestens Versorgungsstufe C). Die Besatzstärke beträgt im Mittel der Jahre 2,4 bzw. 1,7 GV/ha und Jahr im konventionellen bzw. dem extensiven System.

Die Tierzunahmen werden anhand von regelmäßigen Wiegen erfasst, der jahreszeitliche Futterzuwachs und Futterertrag wird mittels Weidekörben (Differenzmethode) ermittelt, die angebotene Futterqualität wird im Weideaufwuchs

analysiert und parallel wird mittels der Kotstickstoff-Methode die Qualität des von den Tieren aufgenommenen Futters geschätzt (SCHMIDT ET AL. 1999).

Ergebnisse und Diskussion

Für die Weideführung ist insbesondere der Futterzuwachs von Bedeutung. In den letzten 10 Jahren gab es in den Futterzuwachsrate aufgrund der stark unterschiedlichen Jahresniederschläge ($\bar{\varnothing}$ 1997 – 2007: 639 mm/Jahr; 2003: 510 mm, 2007: 778 mm) und Niederschlagsverteilung während der Vegetationsperiode starke Abweichungen ab Juni (Abb. 1). Erwartungsgemäß liegen die Zuwachsrate im System mit Stickstoffdüngung höher als im System ohne N-Düngung; dieser Effekt ist vor allem im Frühsommer und in trockenen Jahren besonders ausgeprägt. Die höheren Zuwachsrate führen im Mittel der Versuchsjahre zu einem 25 % höheren Brutto-Weideertrag (104 gegenüber 78 dt TM/ha) in der gedüngten Variante.

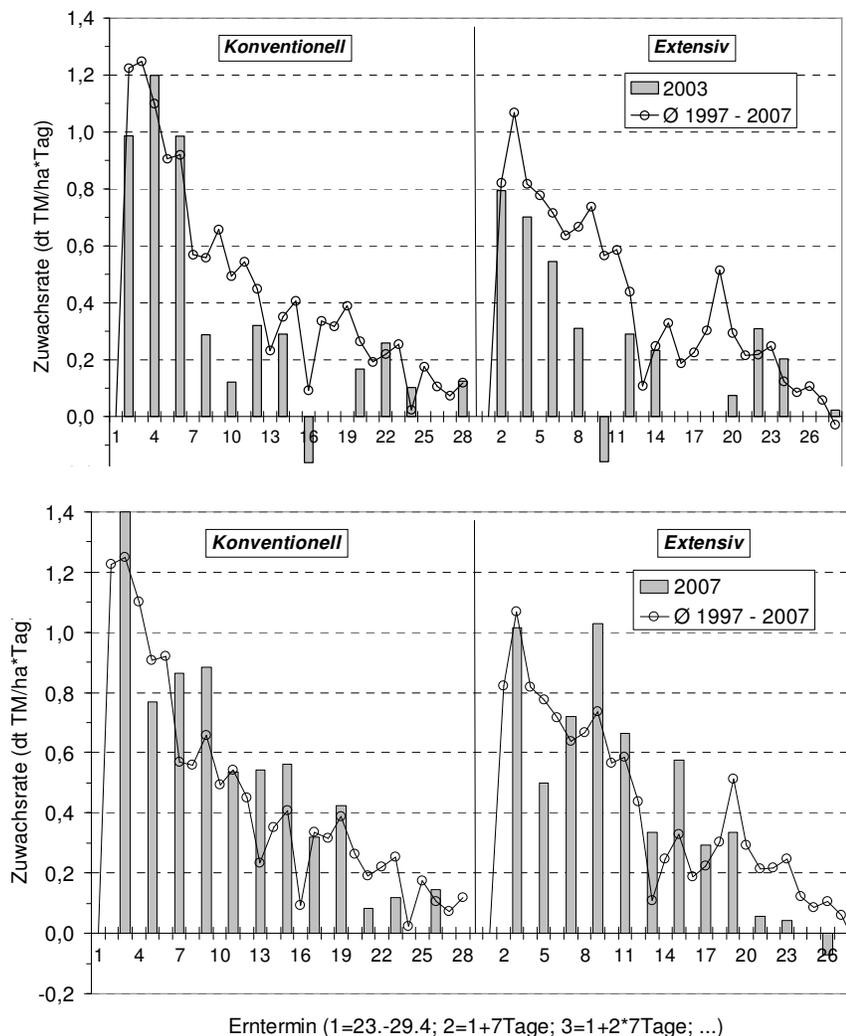


Abb. 1: Futterzuwachsrate (dt TM/ha und Tag) in 2003 (oberes Teilbild) und in 2007 (unteres Teilbild) jeweils verglichen mit dem Mittel der Jahre 1997 bis 2007

Die Energiekonzentration im angebotenen Futter (Weideaufwuchs) ist mit zunehmender Dauer der Beweidung erwartungsgemäß rückläufig. Der Rückgang der Energiedichte ist in dem aufgenommenen Futter (Kot-N-Methode) vor allem in den Sommermonaten weniger stark ausgeprägt. Abb. 2 zeigt dies exemplarisch für das Jahr 2007. Dies deutet auf eine zunehmende Futterselektion der Weidetiere hin, die ermöglicht wird durch eine mit Fortschritt der Beweidungsdauer stärker ausgeprägte Narbenheterogenität. Dies bestätigt Ergebnisse anderer Versuchsansteller, die zeigen konnten, dass die Weidetiere bei abnehmender Qualität des Gesamt-Futterangebotes verstärkt niedrigwüchsige Weidebereiche mit jungem, blatt- und somit energiereichem Futter aufsuchen (u.a. MITSCH ET AL. 2005, RÖVER ET AL. 2005). Die Unterschiede in der Energiedichte des aufgenommenen Futters zwischen den beiden Weidesystemen sind im Mittel über die Jahre vergleichsweise gering.

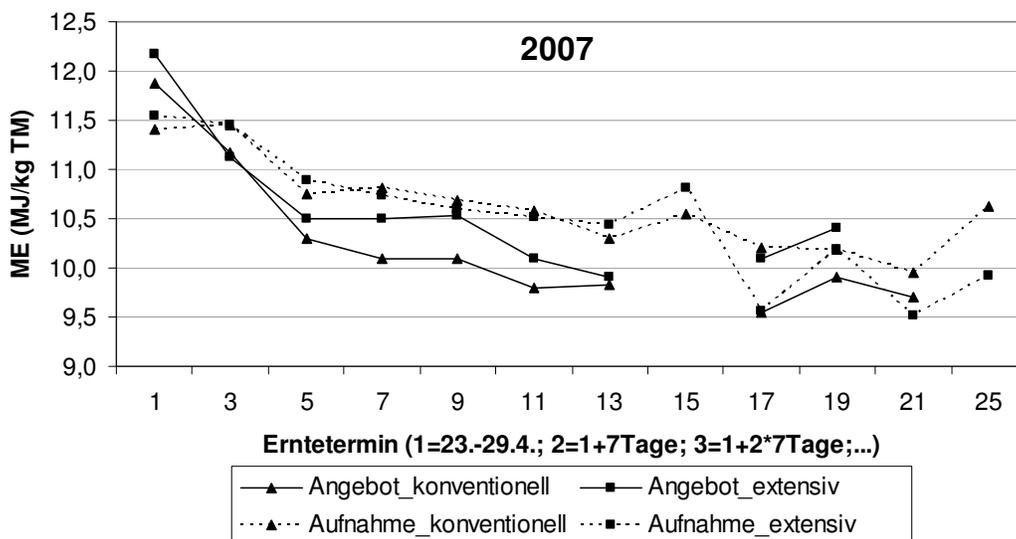


Abb. 2: Futterqualität (ME in MJ/kg TM) in dem angebotenen und in dem aufgenommenen Futter (Kot-N-Methode) im Jahr 2007

Analog unterscheiden sich auch die Zunahmen der Rinder kaum zwischen dem konventionellen und dem extensiven Weidesystem (Abb. 3). Im Mittel über alle Jahre betragen die Lebendgewichtszunahmen pro Weidetag beim konventionellen System 821 g und beim extensiven System 882 g. Diese Einzeltierleistungen sind vor allem unter dem Blickwinkel bemerkenswert, dass ausschließlich Gras und kein Kraftfutter verfüttert wurde. In dem gedüngten konventionellen System ergibt sich resultierend aus dem 25 % höheren Weideertrag und den vergleichbaren Lebendgewichtszunahmen eine knapp 24 % höhere Netto-Weideleistung verglichen mit dem extensiven System.

Schlussfolgerungen

Mit Mähstandweidenutzung können sowohl auf niedrigem als auch mittlerem Intensitätsniveau gute Ergebnisse erzielt werden. Beim Verzicht auf mineralischen N gehen die flächenbezogenen Leistungen zurück, jedoch können weiterhin die gleichen Einzeltierleistungen erzielt werden, wenn das Weideverfah-

ren fachgerecht durchgeführt wird. Eine ausreichende Kalk- und Grundnährstoffversorgung sowie intakte Pflanzenbestände sind für die beschriebenen Ergebnisse eine unverzichtbare Bedingung.

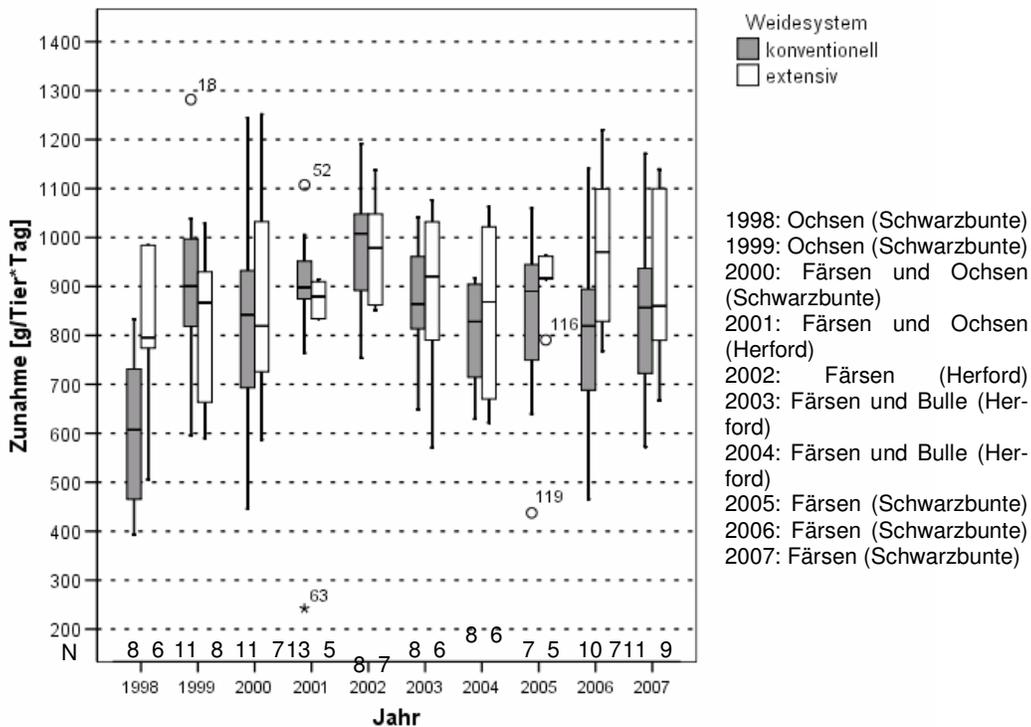


Abb. 3: Boxplot der Lebendgewichtszunahmen der Weidetiere von 1998 bis 2007 in den Varianten 'konventionell' und 'extensiv' (N = Anzahl Weidetiere)

Literatur

- SCHMIDT, L., WEISSBACH, F., HOPPE, T., KUHLA, S. (1999): Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futterraufnahme auf der Weide. *Landbauforschung Völkenrode*, Heft 3, 123-135.
- MITSCH, U., SCHÄFER, S., SWALVE, H. (2005): Untersuchung der selektiven Futterraufnahme von Ochsen und Färsen auf extensiv bewirtschafteten Umtriebsweiden. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau* 7, 35-38.
- RIEHL, G., WAGNER, M. in Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft(2008): Extensive Weide im KULAP. *SCHRIFTENREIHE DER LFL* (im Druck)
- RÖVER, K., SAHIN, N., HOFMANN, M., ISSELSTEIN, J. (2005): Graseverhalten und Selektivität weidender Ochsen auf extensiver Standweide. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau* 7, 49-52.

Methode zur Berechnung der Flächenleistung Milch

P. Thomet¹, M. Stettler¹ und D. Weiß²

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen; Email: peter.thomet@shl.bfh.ch

² Mühlenweg 12a, D85354 Freising

Einleitung und Problemstellung

Das unternehmerische Handeln der meisten Milchproduzenten in Europa und Nordamerika ist stark auf eine hohe Jahresleistung pro Kuh ausgerichtet. Es herrscht die Meinung vor, dass vor allem die Steigerung der Milchleistung pro Kuh der Schlüssel zum produktionstechnischen und wirtschaftlichen Erfolg sei. Bei genauerem Hinsehen erweist sich aber die Jahres-Milchleistung als wenig geeignet, um die Effizienz und Produktivität von Milchviehbetrieben zu erfassen, denn er ist abhängig vom Lebendgewicht, der Laktationsdauer und dem gewählten Produktionssystem. Er kann zwar (bedingt) Aussagen machen über Zucht, Haltung, Herdenmanagement und Fütterung auf einem Betrieb, sagt aber nichts aus über die Produktionseffizienz und Wirtschaftlichkeit, denn gerade die Futterkosten können bei einem Betrieb mit hohen Milchleistungen wegen teuren Komponenten sehr hoch liegen und die Rentabilität zunichte machen.

Die Futterkonvertierungseffizienz (kg Energiekorregierte Milch (ECM) pro kg Trockensubstanzverzehr (TS) und die Flächenleistung (kg ECM pro ha totaler Futterfläche) bewerten nicht nur die produzierte Milchmenge sondern setzen diese in Bezug zur eingesetzten Futtermenge. Die Flächenleistung lässt sich im Gegensatz zur Futterkonvertierungseffizienz relativ einfach und praktikabel erheben, deshalb wird im Folgenden die Methode der Berechnung anhand von zweier Modelbetriebe gegenübergestellt und erklärt.

Material und Methoden

Beim Berechnungsansatz geht es darum, den Flächenbedarf für die gesamte eingesetzte Futtermenge zu schätzen und in Beziehung zur produzierten Milchmenge zu setzen. Im Wesentlichen sind fünf Arbeitsschritte auszuführen (Tab. 1). Die Daten beziehen sich jeweils auf ein Kalenderjahr. Für die Berechnung der Flächenproduktivität sind folgende Unterlagen notwendig: Abrechnungen der Milchlieferungen, Belege für Futterzu- und verkäufe, Naturalienheft, Flächenverzeichnis mit entsprechenden Informationen.

Bei der Berechnung gilt es 2 Kernpunkte zu beachten:

1. Den zu- und verkauften Futtermitteln wird ein Flächenwert (Schattenflächen) zugeordnet.
2. Die Abgrenzung zwischen dem Futterbedarf der Kuhherde und den übrigen Rindern (Nachzucht, Masttiere) erfolgt über die Tierzahl (GVE Schlüssel).

Tab. 1: Vorgehensweise zur Schätzung der Flächenproduktivität Milch von einem Landwirtschaftsbetrieb

-
1. Produzierte Milchmenge erfassen:
Milchkontingent + Kälbermilch + Haushaltmilch
 2. Futterfläche für RiGVE erfassen:
Hauptfutterfläche + Zwischenfutter + Extensivwiesen korr. + andere
 3. Korrekturen für Ver- und Zukauf von Futter (in der Regel Kraftfutter)
 4. Futterfläche für Aufzucht und Mast abziehen:
nach Anteil an den gesamten RiGVE
 5. Quotient aus erzeugter Milchmenge durch die benötigte Futterfläche für die Kuhherde bilden
-

Wegleitung für die Datenerfassung

Berechnung der Futterfläche

Die gesamte auf dem Betrieb für die Futterproduktion zur Verfügung stehende Landwirtschaftliche Nutzfläche: Dauergrünland, Ansaatwiesen, Futterrüben, Silomais, Körnermais, Getreide, Körnerleguminosen usw. wird aufgelistet. Die Zwischenfutterbaukulturen und ungedüngte Extensivwiesen (Naturschutzflächen) werden nur zu einem Drittel ihrer Fläche angerechnet. Die Menge der zugekauften oder verkauften Grundfuttermittel wird auf die dafür nötige Fläche umgerechnet. Dafür werden die Standard-Hektar-Erträge des analysierten Betriebes genommen.

Berücksichtigung des Kraftfuttereinsatzes

Die Arten und Mengen sowie die Gehalte der eingesetzten Kraftfutter (Mengen in kg Frischsubstanz, die im Erhebungsjahr für die gesamte Rinderherde eingesetzt wurden sind anhand der Buchhaltung aufzulisten. Für diese Futtermittel werden, in Orientierung an praxisüblichen Durchschnittserträgen fiktive Futterflächen (Schattenflächen) unterstellt. Für Energiefuttermittel wie Gerste, Weizen, Körnermais oder Milchleistungsfutter unter 20 % Rohprotein wird ein Flächenertrag von 7 t pro Hektar unterstellt. Dies bedeutet: Pro 7 t zugekaufte Gerste wird 1 ha Futterfläche addiert. Für Proteinträger wie Sojaschrot, Rapschrot, Erbsen oder Milchleistungsfutter mit mehr als 20 % Rohprotein wird ein Flächenertrag von 4,5 t unterstellt. Saftfuttermittel wie Biertreber, Pressschnitzel oder ähnliches werden entweder als Energieträger oder Eiweißträger eingestuft und entsprechend den Trockenmassegehalten bewertet.

Aufteilung auf den Rinderbestand

In einem nächsten Teilschritt, wird die für die Milchviehherde benötigte Futterfläche berechnet. Hierzu wird die gesamte Futterfläche mit dem Quotient „Kuh-GVE / RiGVE“ multipliziert. Einfachheitshalber wird angenommen, dass eine Nicht-Kuh-Grossvieheinheit etwa den gleichen Jahresfutter-Bedarf aufweist wie eine Milchkuh.

Gesamthaft produzierte Milchmenge (kg ECM/Betrieb)

Die jährlich verkaufte Milchmenge ist einfach zu erfassen. Für die an die Kälber vertränkte und an den Haushalt gelieferte Milch dienen die Schätzungen und Belege des Betriebsleiters. Die Umrechnung auf energiekorrigierte Milchmenge (kg ECM) geschieht aufgrund des durchschnittlichen Fett- und Eiweißgehaltes

der Milch nach folgender Formel: $kg\ ECM = (0.38 \times \%Fett + 0.24 \times \%Eiweiss + 0.816) \times kg\ Milch/3.14$.

In Tabelle 2 ist der Rechengang für zwei Beispielbetriebe dargestellt.

Tab. 2. Flächenproduktivität Milch von je einem Landwirtschaftsbetrieb mit einer Hochleistungsstrategie und einer Vollweide Strategie berechnet nach der vorgestellten Methode Flächenproduktivität

	Hochleistung	Vollweide
kg ECM ¹ pro Betrieb und Jahr	200'000	200'000
Milchleistung, kg ECM/Kuh/Jahr	9'522	6'452
Anzahl Kühe, n	21	31
Nachzucht Rinder, n GVE	7	10
Wiesenfläche für Silage & Dürrfutter ² , ha	5,50	6,50
Weidefläche, ha		14,50
Silomais, ha	6,50	
Menge an Energiekraftfutter, kg FS	39'000	26'000
„Schattenfläche“ Energiekraftfutter (ha)	5,59	2,23
Menge an Proteinkraftfutter, kg FS	26'000	
„Schattenfläche“ Proteinkraftfutter (ha)	5,77	
Gesamte Menge Kraftfutter, kg FS	65'000	26'000
Gesamter-Flächenbedarf für Kraftfutter (ha)	11,36	2,23
Flächenbedarf für alle eingesetzten Futter (ha)	23,36	23,23
Anteil Futterbedarf Kuhherde (Anzahl Kühe/Anzahl Gesamt GVE), %	21/(21+7) = 75	31/(31+10) = 76
Flächenbedarf Kuhherde (Gesamtfläche X Anteil Kühe), ha	17,52	17,56
Flächenleistung Milch (kg ECM/ha)	11'415	11'386

¹ ECM = energiekorrigierte Milch ² angenommene Netto-Erträge (dt TM/ha): Silomais 140, Weide 115, Dürrfutter & Silage 100; für die Kraftfutter sind die Angaben in Frischsubstanz (kg/ha): 7'000 kg Getreide (Energiekonzentrat) mit 88 % TM und 4'500 kg Soja/Rapsschrot oder Körnerleguminosen (Proteinkonzentrat) mit 90 % TM

Diskussion und Schlussfolgerung

Das Kernproblem der Bewertung verschiedener Milcherzeugungssysteme und damit der Vergleich zwischen Betrieben besteht in bisher fehlenden Parametern, die 1. eine einfache, praxisgerechte Erhebung erlauben und 2. Aussagen über die Ressourceneffizienz von Produktionssystemen liefern können. Bisherige Benchmarksysteme wählen entweder den Vergleich von produktionstechnischen Kennzahlen wie die Milchleistung, die Grundfutterleistung oder den Kraftfuttereinsatz, oder beziehen sich auf betriebswirtschaftliche Analysen.

Der vorgestellte Ansatz der Flächenproduktivität Milch kommt einem Paradigmenwechsel gleich: die Kuh steht nicht mehr im Zentrum der Betrachtungen, sondern die Fläche, resp. das auf der Fläche produzierte Futter. Als grundsätzliches Erfolgspotential der Milchwirtschaft wird also nicht die Kuh angesehen, sondern die landwirtschaftliche Nutzfläche als Futterproduktionsstandort.

Die erzeugte Milch ist das wesentliche Produkt eines Milchviehbetriebes. Das ganze System bestehend aus dem Futteranbau, dem Zukauf von Futtermitteln, der Aufzucht von Färsen usw. dient einzig und alleine dem Ziel der Milchproduktion. Was bedeutet nun aber eine hohe Flächenproduktivität? Ein entscheidender Erfolgsfaktor besteht sicherlich darin ein für den Standort optimales Produktionssystem zu wählen, ein Vollweidesystem auf einem Standort mit sehr unsicheren Sommerniederschlägen wird nicht erfolgreich sein, eine Hochleistungsstrategie auf einem Grünlandstandort kann die Vorteile des Silomaisanbau nicht nutzen. Die Flächenproduktivität ist im wesentlichen Ausdruck des gesamten Betriebsmanagements, von der Futterproduktion bis zum Melken. Beginnen wir beim Futter: Das A und O sind hohe Futter-, resp. NEL-Erträge, hier entscheidet der Standort, die Wahl des Pflanzenmaterials, die Düngung, die Pflege und – ganz entscheidend (v. a. beim Weiden) – eine möglichst hoher Verzehranteil an der auf dem Betrieb gewachsenen Biomasse. Bei konserviertem Futter ist eine möglichst verlustarme Lagerung wichtig. Dann folgt die tiergerechte und optimierte Fütterung, hier sind Rationsgestaltung, Ablauf der Fütterung und Vorlagetechnik entscheidend. Schliesslich kommt es zur Veredelung des Futters durch die Kuh. Hier sind gute Haltungsbedingungen (Gesundheit und Futteraufnahme) und gute Genetik (Futterkonvertierungseffizienz) wichtig. Die Flächenproduktivität ist also eine gute Kennziffer, um Aussagen über die Produktionstechnik und das Produktions-Management zu machen. Hier gibt sie ein genaueres Bild wieder als die Milchleistung, da sie die produktionstechnischen Aspekte der Milchproduktion umfassender berücksichtigt. Es muss aber auch mit aller Deutlichkeit gesagt werden, dass die Flächenproduktivität genauso wenig wie die Milchleistung Aussagen über die drei eingangs erwähnten Kernpunkte Futterkosten, Gebäude- und Maschinenkosten und Arbeitseffizienz machen kann. Ein Betrieb mit hoher Flächenproduktion kann völlig übermechanisiert sein oder es wird viel zu perfektionistisch und aufwändig gearbeitet. Solche unwirtschaftlichen Zustände werden in der Kennziffer nicht berücksichtigt. Es kann auch nicht das Ziel sein, überintensive Systeme mit hoher Flächenproduktivität in ein positives Licht zu rücken. Bei der Bewertung dieser Kennziffer ist also Vorsicht geboten und sie darf keinesfalls als Massstab für die Gesamteffizienz oder die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion missbraucht werden. Eine hohe Flächenproduktivität ist als ein neuer, einfach und schnell zu erhebender Kennwert für eine erfolgreiche und wettbewerbsfähige Milchproduktion zu sehen und nicht als Garantie!

Die erzeugte Milchmenge pro Hektar eingesetztes Futter ist ein interessanter Kennwert zur Darstellung der produktionstechnischen Effizienz der Milcherzeugung. Er kann helfen, die einseitige Fokussierung auf einzelne produktionstechnische Aspekte wie die Jahresmilchleistung zu relativieren und so den Blick frei machen für die Steigerung der Ressourcen-Effizienz.

Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain – Verlauf ausgewählter Merkmale bei Vollweidekühen im ersten Laktationsdrittel

H.J. Frey¹, P. Hofstetter², R. Petermann² und P. Kunz¹

¹Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen; Email: peter.kunz@shl.bfh.ch

²LBBZ Schüpfheim, Chlosterbüel 28, CH-6170 Schüpfheim

Einleitung und Versuchsbeschreibung

Für die Milchproduzenten in der Schweiz zeichnen sich seit einigen Jahren zwei Hauptstrategien zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung der Milchproduktion ab: die Stallhaltung mit möglichst hohen Leistungen pro Kuh und die Vollweidehaltung mit möglichst hohen Leistungen pro ha Weidefläche.

Diese beiden Produktionssysteme werden im vorliegenden Projekt in einer Fallstudie auf dem Schulgutsbetrieb des Landwirtschaftlichen Bildungs- und Beratungszentrums (LBBZ) Hohenrain LU auf je 13 ha pro System mit den folgenden Bedingungen umgesetzt:

- Stallherde: 24 Kühe, Rassen Brown Swiss und Holstein (1:1); Milchleistung ca. 8'000 kg pro Kuh und Jahr; Teilmischration mit Mais- und Grassilage (je 50% nach TS) und Proteinkonzentrat, bedarfsgerechte Kraftfutterergänzung, Siesta-Weide
- Weideherde: 30 Kühe, Rassen Swiss Fleckvieh und Brown Swiss (1:1); Milchleistung ca. 6'300 kg pro Kuh und Jahr; Abkalbung Februar bis April; Vollweide von April bis November, Winterfütterung nur mit Dürrfutter, Kraftfutter nur zu Laktationsbeginn.

Die Datenerhebung konzentriert sich auf die Bereiche Tierhaltung, Futterbau/Fütterung, Arbeits-/Betriebswirtschaft und Milchqualität. Ökologie/Tierwohl, Milchverarbeitung/Saisonalität der Milcheinlieferung und Soziales werden ergänzend untersucht.

Es ist das Ziel des Projektes, die beiden Produktionssysteme konsequent zu optimieren und in betriebswirtschaftlicher und produktionstechnischer Hinsicht zu vergleichen. Daneben werden die Ergebnisse und Erfahrungen in praxistaugliche Empfehlungen und Planungshilfen umgesetzt und interessierten Kreisen zur Verfügung gestellt.

Die Vorarbeiten für das Projekt begannen im Herbst 2006. Am 01. November 2007 wurde das Projekt mit den geplanten Datenerhebungen und Untersuchungen gestartet. Das Projekt dauert drei Jahre und wird Ende Winter 2010/11 abgeschlossen.

Erste Ergebnisse

Nachfolgend werden erste Ergebnisse aus dem ersten Erhebungsjahr (2007/08) der Vollweidekühe im ersten Laktationsdrittel präsentiert. Die Vollweideherde besteht aus 30 Prozent Kühen in der 1. Laktation, 33 Prozent in der 2. Laktation und 37 Prozent in der 3. und folgende Laktation. Das durchschnittliche Alter der Herde lag Ende Juni bei 48 Monaten. Die Kühe kalbten zwischen dem 15. Januar und dem 9. April ab mit einer Häufung zwischen dem 28. Januar und 1. März (77% der Kühe). Das Geburtsgewicht der Kälber lag bei $42.2 \pm 6.9\text{kg}$.

Ab dem 17. März wurden die Kühe halbtags auf die Weide getrieben und ab dem 24. April erhielten die Kühe im Stall kein Grundfutter mehr. Pro Kuh wurde während der Startphase durchschnittlich 320 kg Kraftfutter verabreicht.

Der Erstbesamungserfolg der Vollweideherde betrug 62 Prozent.

In Abbildung 1 und 2 ist der Verlauf der Milchleistung und der Milchinhaltsstoffe in den ersten 112 Tagen der Laktation dargestellt. Für die Darstellung der Ergebnisse wurden die Erhebungsdaten nach Tagen post partum (p.p.) geordnet, damit Unterschiede, die vom Laktationsstadium herrühren, ausgeschlossen werden können. Die Erhebung der Milchleistungsdaten erfolgte alle 15 bis 18 Tage.

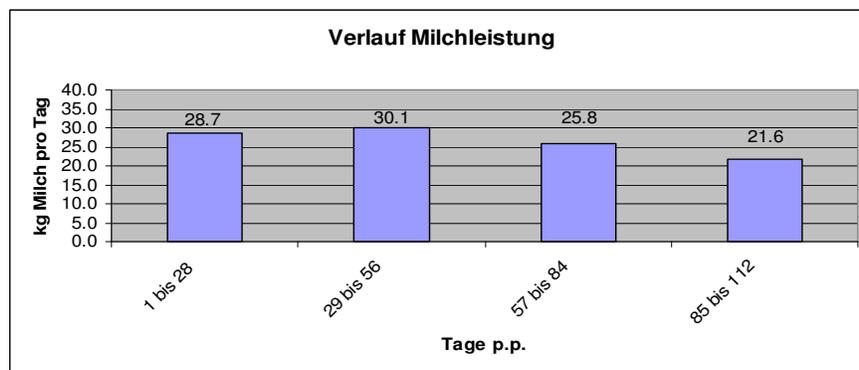


Abb. 1: Verlauf Milchleistung der Vollweideherde in den ersten 112 Tagen p.p. (n=30)

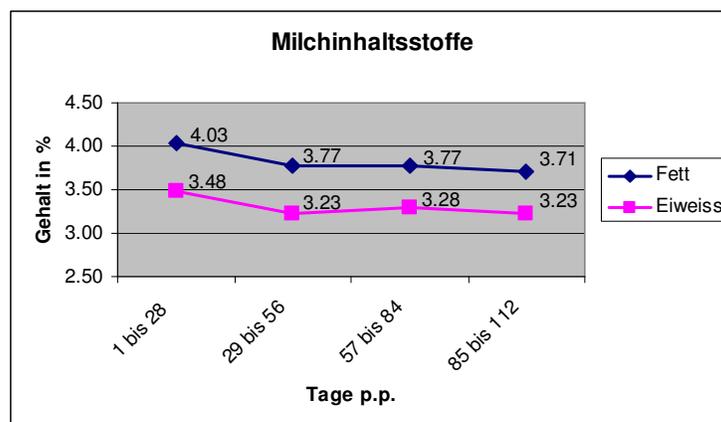


Abb. 2: Verlauf Milchfett- und Milcheiweissgehalt der Vollweideherde in den ersten 112 Tagen p.p. (n=30)

Wie vorgängig erwähnt, kalbten die meisten Vollweidekühe im Februar. Somit erfolgte der Wechsel auf Vollweide zwischen dem 57 und 84 Laktationstag. Diese Umstellung ist auch beim Verlauf der Milchleistung feststellbar (Abbildung 1). Von der durchschnittlichen Tageshöchstleistung zwischen dem 29. und 56. Laktationstag von 30.1 kg bis zum 112. Laktationstag sankt die tägliche Milchleistung um 8.5 kg.

Die Milch Inhaltsstoffe Fett und Eiweiss nahmen von Beginn der Laktation (1 bis 28 Tag) innerhalb von 28 Tagen um je ein Viertel Prozent ab. Ein Grund für die Abnahme der Milch Inhaltsstoffe von insgesamt 7.51 Prozent kann der Kraftfuttereinsatz zu Beginn der Laktation sein. Ab dem 28. Laktationstag bleiben die Gehalte konstant. Jedoch fällt in dieser Zeit die Milchleistung und so auch die Fett- und Eiweissmenge insgesamt.

In Abbildung 3 ist der Verlauf des Body Condition Score (BCS) dargestellt. Die Erhebungen erfolgten alle 2 Wochen nach der Methode von Edmonson et al. 1989.

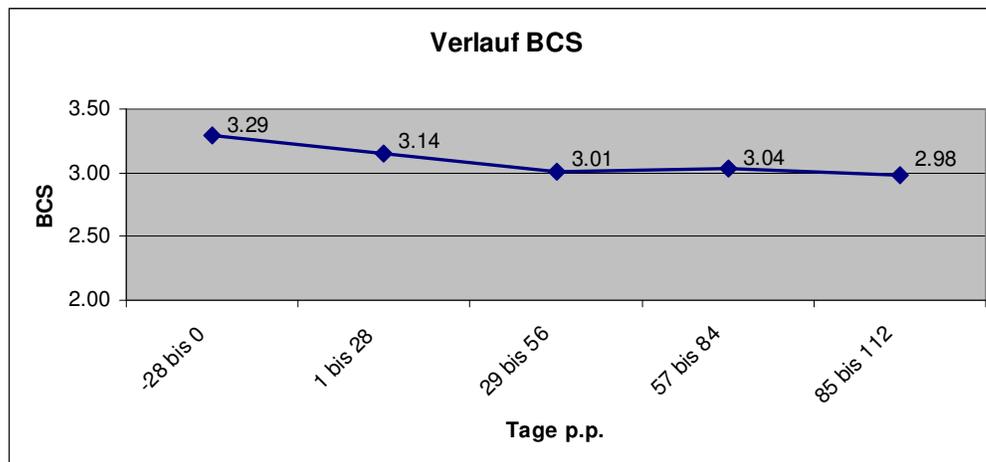


Abb. 3: Verlauf des Nährzustandes (BCS) der Vollweidekühe in den ersten 112 Tagen p.p. (n=30)

Der BCS fällt bis zum 56 Tag p.p. um 0.28 Punkt ab und bleibt anschliessend auf diesem Niveau stabil, obwohl die Kühe ab diesem Zeitpunkt kein Grundfutter mehr im Stall und kein Kraftfutter, sondern nur noch Weidegras erhielten.

Folgerungen

Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass Vollweidekühe im ersten Laktationsdrittel nach der Umstellung auf Vollweide die Milchleistung verringern, jedoch ihre Körperkondition konstant halten.

Literatur

EDMONSON, A. J., I. J. LEAN, L. D. WEAVER, T. FARVER, AND G. WEBSTER. 1989. A body condition scoring chart for Holstein Dairy Cows. J. Dairy Sci. 72:68–78.

Optimierung der Arbeitsproduktivität auf grünlandbasierten Milchviehbetrieben

M. Schick

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz Tänikon ART, Tänikon,
CH-8356 Ettenhausen, Email: matthias.schick@art.admin.ch

Einleitung

Von der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) der Schweiz werden ca. 539'843 ha als sog. „Übrige Dauerwiesen bzw. Weiden“ bewirtschaftet. Hinzu kommen nochmals 85'289 Hektar in Form von extensiven Wiesen.

Gemäss den Auswertungen der Zentralen Auswertungen von Buchhaltungsdaten von 2006 bewirtschaftet ein durchschnittlicher schweizerischer Landwirtschaftsbetrieb im Mittel 11.7 ha Naturwiesen und Dauerweiden. Dies sind fast 60 % seiner LN. Bei den Talbetrieben liegt der Anteil bei lediglich 34 %. Im Berggebiet sind es dagegen nahezu 87 %.

Aus der verfahrenstechnischer Sichtweise sind nicht alle Flächen in der Schweiz befahrbar und damit mechanisch bearbeitbar. Aus wirtschaftlicher Sichtweise ist dies auch nicht sinnvoll. Deshalb gewinnt die Weide zukünftig in mehrfacher Hinsicht eine zunehmende Bedeutung.

Weidehaltung Milchvieh

Die Weidehaltung von Milchkühen ist unter schweizerischen Bedingungen eine weit verbreitete arbeits- und betriebswirtschaftlich interessante Sommerfütterungsvariante. Je nach Lage des Betriebes und der Parzellenanordnung stehen verschiedene Weideverfahren (Umtriebsweide, Portionenweide und Kurzrasenweide) zur Auswahl. Häufig werden die verschiedenen Weideverfahren auch miteinander kombiniert oder durch eine Zusatzfütterung im Stall oder in einer Raufe ergänzt (siehe Abb. 1).

Der Arbeitszeitbedarf für die alleinige Weidehaltung, ohne Beifütterung im Stall variiert zwischen 5 und 1 Minute je Kuh und Tag und hängt von der Bestandesgrösse, Aufstellungsart und Treibweglänge ab. Hinzu kommen nichttägliche Arbeiten wie Zaunerstellung und Weidepflege.

Weidehaltung arbeitswirtschaftlich vorteilhaft

Unter günstigen Bedingungen, das heisst vor allem bei kurzen Treibwegen und wenig täglichen Zaunarbeiten, sind Weideverfahren gegenüber allen anderen Fütterungsverfahren vorteilhaft. Betriebe mit Laufstallhaltung und Weidegang sind aus arbeitswirtschaftlicher Sicht im Vorteil gegenüber solchen mit Anbindehaltung, da das Loslösen und Anbinden der Tiere entfällt. Im günstigsten Fall, das heisst bei voll arrondierten Betrieben, fallen hier überhaupt keine Treibarbeiten mehr an.

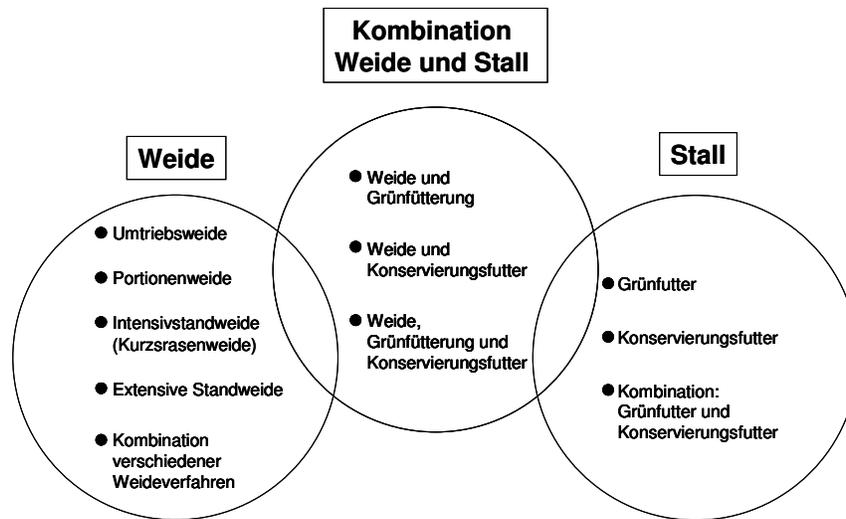


Abb. 1: Verfahren der Sommerfütterung für Milchvieh im Vergleich von Weide und Stallfütterung. (Schick, 2001).

Vergleich der Weidehaltung mit anderen Fütterungsverfahren

Als Alternative zum Weiden stehen verschiedene andere Fütterungsverfahren mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen zur Verfügung (siehe Abb. 2).

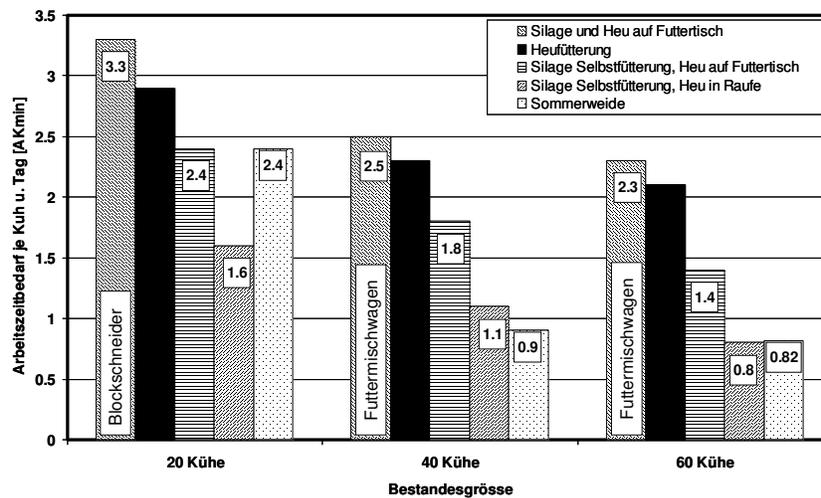


Abb. 2: Arbeitswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Fütterungsverfahren.

Hierzu gehören insbesondere die Stallfütterungsverfahren im Winter- (Heu, Silagen) und Sommerhalbjahr (Heu, Silagen und Frischgras). Ausser der Selbstfütterung am Flachsilo mit Heuzufütterung in einer Raufe auf dem Laufhof kann aber derzeit aus arbeitswirtschaftlicher Sichtweise kein Fütterungsverfahren mit dem Weidegang im Sommer konkurrieren. Dies unterstreicht die Vorteilhaftigkeit der Weidehaltung unter schweizerischen Bedingungen.

Aus der ergonomischen Sichtweise kommt noch der geringe von Hand zu bewältigende Massenumschlag hinzu. Bei der Weidehaltung muss kein Futtertisch gereinigt und ausserdem weniger entmistet werden.

Aus der Sicht der Ethologie ist die Weidehaltung als sehr natürliches Fütterungsverfahren anzusehen. Die Bewegung der Tiere wird gefördert, das Fressverhalten kann optimal ausgelebt werden.

Optimierungsansatz Wirtschaftliche Weide

Die ökonomische Betrachtungsweise der Weide stellt insbesondere die Vollweide als sehr konkurrenzfähiges Verfahren heraus. Allerdings trifft dies nur unter bestimmten Bedingungen zu. Da durch die Vollweide – ohne Zufütterung im Stall – bei der Sommerfütterung keine wesentlichen Maschinenkosten mehr anfallen, sinken die variablen Kosten deutlich gegenüber anderen Verfahren. Hinzu kommt der geringere Arbeitszeitbedarf bei kurzen Wegen und Laufstallhaltung. Dies unterstreicht die Vorteilhaftigkeit der Vollweideverfahren aus betriebswirtschaftlicher Sichtweise bei knapper Arbeitszeit und ausreichender Fläche.

Aus gesamtökonomischer Betrachtungsweise reichen die Dauerwiesen und Weiden hinlänglich zur ausschliesslichen Versorgung aller Schweizer Milchkühe incl. Nachzucht aus. Das vorhandene Milchproduktionspotenzial der Weide beträgt jährlich mehr als 1'337'900'00.- Franken. Bei einer total vermarkteten Milchmenge von 3.2 Mio t entspricht dies einem Anteil von 57 %.

Zur Optimierung der Arbeitsproduktivität von grünlandbasierten Milchviehbetrieben bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Es sind dies einerseits verfahrenstechnische und andererseits organisatorische Massnahmen. Die verfahrenstechnische Optimierung wirkt über die zunehmende Mechanisierung von Arbeitsabläufen (z.B. befestigte Treibwege, stationäre Weidetränken). Die organisatorische Optimierung wirkt über eine rationellere Arbeitsgestaltung. Hierzu gehören sowohl die verbesserte Arbeitsorganisation (z.B. Weide- und Zaunmanagement, Abkalbmanagement, Auslagerung von Arbeitsverfahren) als auch eine Zeitplanung (z.B. Arbeitsbesprechungen, klare Zielsetzungen, Weiterbildung).

Schlussfolgerungen

Neben den direkt produktionsbezogenen Arbeiten ist zukünftig vermehrtes Augenmerk auf das Weidemanagement zu legen. Insbesondere bei der Kurzrasenweide ist der Aufwuchs ständig zu kontrollieren und der Betriebsleiter muss nahezu täglich seine Entscheidungen (zum Beispiel Fläche zum Konservieren auszäunen) überdenken. Dafür ist der Zeitbedarf für die Arbeiterledigung bei einem funktionierenden System dann auch entsprechend gering. Im Gegensatz dazu ist der Zeitbedarf für die Führung einer Portionenweide durch das tägliche Zäunen leicht erhöht. Der Managementaufwand ist dabei aber sehr niedrig, da die Entscheidung (Zaun erstellen) durch das Verfahren ständig vorgegeben ist.

Literatur

DURIGAI, B. (1996): Mit Kurzrasenweide die Milchproduktionskosten senken. Agrarforschung 3 (10), S. 509 - 512

- HAUSHEER SCHNIDER, J. (2007): Grundlagenbericht 2006. Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
- MOSER, H., HARTMANN, M., THOMET, P. U. M. SCHICK (2005): Hochproduktive Weide. UFA-Revue Nr. 7-8, S. 54 - 56
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1995): Wie Grünland künftig bewirtschaftet wird. DLG-Mitteilungen Nr. 5, S. 34 - 37
- SBV (2006): Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizerischer Bauernverband, Statistik, ISSN 0257-9243
- SCHICK, M. (2001): Weidehaltung Milchvieh. FAT-Berichte Nr. 562, FA-Tänikon (CH)
- SCHICK, M. (2004): Work organisation and time requirements of different grazing systems for dairy cattle. In: Land Use Systems in Grassland Dominated Regions. Book of Abstracts. 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004. Ed. by A. Lüscher et al. Hochschulverlag AG, ETH Zürich. p. 126-127.
- SCHICK, M. (2005): Weiden, Eingrasen oder Ganzjahressilage? Bauernzeitung, Mai 2005 S. 21

Flächenleistung Milch von drei Vollweide-Betrieben mit Kurzrasenweide im CH-Mittelland

P. Thomet¹, M. Hadorn¹, A. Wyss²

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen, Email: peter.thomet@shl.bfh.ch

² Landwirtschaftsschule LBBZ Wallierhof, Höhenstrasse 46, CH-4533 Riedholz

Einleitung und Problemstellung

Bisher herrschte bei den Schweizer Milchproduzenten und Milchviehzüchtern die Meinung vor, dass vor allem die Steigerung der Jahres-Milchleistung pro Kuh der Schlüssel zum wirtschaftlichen Erfolg sei. Doch die Vergleiche der Vollkosten der weltweiten Milchproduktion zeigen, dass ein völlig anderer Ansatz noch mehr bringt: nämlich die Verbesserung der Produktionseffizienz des Systems und die Flächenleistung (DILLON *et al.* 2005, MACDONALD *et al.*, 2008). Im Vordergrund steht die Maximierung der Weide als weitaus kostengünstigstem Futter in der Jahresration. Diese Strategie hat sich vor allem in den besonders graswüchsigen Regionen bewährt (Neuseeland, Südaustralien, Irland). Im vorliegenden Beitrag möchten wir anhand von drei Vollweidebetrieben aufzeigen, ob diese Aussage auch für den Schweizer Voralpenraum und das arbeitsexensive Kurzrasenweide-System zutrifft. Vor allem interessierte die Leistungsfähigkeit des Systems, denn in der Praxis ist das Vorurteil weit verbreitet, dass die weidebasierte Milchproduktion extensiv und wenig produktiv sei. Als Bezugsbasis und umfassende Kenngrösse des produktionstechnischen Erfolges der Milchproduktion wählten wir die Flächenproduktivität.

Material und Methoden

Drei Betriebe in der Region Bern-Solothurn, die seit vielen Jahren Kurzrasen-Vollweide betreiben und regelmässig bei Projekten der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft mitmachen, bildeten die Grundlage für den Nachweis der langjährigen Flächenproduktivität Milch (Tab. 1).

Das Grundfutter stammte auf allen drei Betrieben mit Ausnahme einer Stoppelrücken-Herbstweide auf einem und 1 ha Silomais auf einem anderen Betrieb vom Grünland (Weidegras, Grassilage und Dürffutter). Die bestandesbildenden Pflanzenarten waren: *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Agrostis stolonifera* und *Trifolium repens*.

Die Flächenproduktivität wurde nach der in diesem Tagungsband vorgestellten Methode berechnet (THOMET *et al.*, 2008).

Tab. 1: Angaben zu drei Vollweidebetrieben mit Kurzrasenweide und Blockabkalbung im Spätwinter in der Region Bern-Solothurn (Mittelwerte der Jahre 2001-2007)

	Waldhof	Bremgarten	Hessigkofen
Mittl. Jahresniederschlag 1961-90 ¹ (mm)	1'086	1'028	1'112
Höhenlage m ü.M.	487	580	605
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	6.99	20.32	22.30
Rinder-Grossvieheinheiten (GVE)	17	30	40
Anzahl Kühe	17	27	32
Produzierte Milchmenge (kg)	115'152	160'531	187'581
Wiesen-und Weidefläche (ha)	6.99	13.08	13.27
Beginn mit Weiden	19. Mrz	20. Mrz	26. Mrz
Beginn Vollweide	18. Apr	8. Apr	13. Apr
Ende Weiden	20. Nov	5. Dez ⁴	16. Nov
Ende Vollweide	3. Nov	20. Okt	22. Okt
TM-Erträge des Grünlandes (dt TM/ha/Jahr); nach der Methode von Corral & Fenlon (1978)	121.4 ²	120.8 ³	106.7 ³

¹ Normwerte des Bundesamtes für Meteorologie für die Stationen Herzogenbuchsee BE, Bern-Liebefeld und Hessigkofen SO

² Mittelwert der Jahre 2002-2004 an je zwei Erhebungsstandorten

³ Mittelwert der Jahre 2003-2006

⁴ Stoppelrübenweide

Ergebnisse und Diskussion

Die erzielten Flächenleistungen waren in allen Erhebungsjahren erstaunlich stabil, obwohl die gemessenen TM-Erträge von Jahr zu Jahr aufgrund der Niederschlagsverhältnisse erheblich schwankten (Tab. 2; THOMET *et al.*, 2007). Sogar im extremen Trockenjahr 2003 blieb die Jahres-Milchproduktion relativ hoch. Eine Teilerklärung dafür ist die Tatsache, dass im Frühjahr 2004 schon sehr früh mit dem Weiden begonnen werden konnte und weniger konserviertes Futter benötigt wurde. Das Milch- und Futterjahr, welches in dieser Untersuchung als Bezugsbasis diente, datiert bis zum 31. März des Folgejahres.

Auf dem Versuchsbetrieb Waldhof bei Langenthal lagen die Flächenleistungen um etwa 2000 kg ECM/ha höher als an den Standorten Bremgarten bei Bern und Hessigkofen. Dafür gibt es drei Erklärungen: (1) Sämtliche Weideflächen sind sehr graswüchsig; im Mittel der Jahre waren die Sommerniederschläge höher und günstiger; (2) sehr gute Kuhgenetik und (3) konsequent dem Graswuchs angepasste Herdengrösse (im April-Mai am meisten Kühe, dann Abstossen von 20 - 25 % der Kühe, die im nächsten Januar durch Färsen ersetzt werden). Die konsequente Direktveredelung des Weidegrases – vor allem im Frühjahr – führt bei Vollweide-Milchproduktion zu höheren Flächenleistungen. Die

Betriebe Hessigkofen und Bremgarten weisen Teilflächen mit schlechterer Produktivität (Waldrand, Flächen mit Staunässe) auf, die in dieser Auswertung nicht korrigiert wurden.

Tab. 2: Flächenproduktivität Milch von drei Vollweidebetrieben in der Region Bern-Solothurn mit Kurzrasenweide und Blockabkalbung im Spätwinter

	Langenthal	Bremgarten	Hessigkofen
<i>Fütterung der Milchviehherde (langjähriges Mittel; inklusive Galtzeit)</i>			
Jahresration ¹ (%-Anteile der TM)			
→ Weide	68	68	59
→ Grassilage & Dürrfutter	26	27	29
→ Maissilage	0	0	9
→ Getreidemischung	6	5	3
Kraftfutter pro kg Milch (g/kg ECM ²)	60,2	31,9	18,7
Flächenleistung (kg ECM/ha Futterfläche)			
Jahr 2001 (1.4.01 - 31.3.02)	14'246	-	12'024
Jahr 2002 (1.4.02 - 31.3.03)	14'830	12'403	12'655
Jahr 2003 (1.4.03 - 31.3.04)	13'943	12'458	12'604
Jahr 2004 (1.4.04 - 31.3.05)	14'898	12'580	12'690
Jahr 2005 (1.4.05 - 31.3.06)	15'111	11'678	11'986
Jahr 2006 (1.4.06 - 31.3.07)	15'574	12'257	11'898
Jahr 2007 (1.4.07 - 31.3.08)	-	12'035	-
<i>Langjähriges Mittel</i>	14'767	12'235	12'310

¹ Mittelwerte der Jahre 2001-2007

² Energiekorrigierte Milch (ECM)

Die Milchleistungen pro Hektare Futterfläche auf den drei Vollweidebetrieben übertrafen die Erfahrungswerte der konventionellen Milchproduktionssysteme im Talgebiet deutlich. Im Jahr 2002 führte die AGFF (Schweizerische Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues) einen Wettbewerb durch, um die Betriebe mit besonders hohen Flächenleistungen zu finden. Die 98 Teilnehmer aus dem Talgebiet wiesen einen Durchschnitt von 10'563 kg/ha auf. Im Jahr 2004 untersuchten wir 12 süddeutsche und 11 schweizerische Top-Betriebe mit hohem Silomaisanteil in der Grundfütterration und hohen Milchleistungen pro Stallplatz. Sie wiesen im Durchschnitt eine Netto-Flächenleistung von „nur“ 11'000 kg ECM auf (Maximalwert: 14'003 kg ECM/ha; HENGGELER, 2005).

Schlussfolgerungen

Die graslandbasierte Vollweide-Milchproduktion auf Kurzrasenweiden erweist sich im Schweizer Mittelland als sehr produktiv und effizient. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr sind relativ gering.

Weidegras allein genügt während der Vegetationsperiode zur Ernährung einer laktierenden Milchviehherde. In der gesamten Jahresration - inklusive Galtphase - kann ein Weideanteil von etwa zwei Dritteln bezogen auf die Trockenmasse erreicht werden.

Literatur

- CORRALL A.J. & FENLON J.S. (1978): A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 91, 61-67.
- DILLON P., CROSSE S., STAKELUM G. & FLYNN F. (1995): The effect of calving date and stocking rate on the performance of spring-calving dairy cows. *Grass and Forage Science* 50, 286-299.
- HENGGELER M. (2005). Milchproduktionpotential von Silomais in der Praxis. Diplomarbeit an der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen, 60 S. (unveröffentlicht)
- MACDONALD K.A., PENNO J.W., M. & LANCASTER J.A.S. & ROCHE J.R. (2008): Effect of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of dairy cows in pasture-based systems *J. Dairy Sci.* 91, 2151-2163.
- THOMET, P., STETTLER, M., WEISS, D. (2008). Methode zur Berechnung der Flächenleistung Milch. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 9 (in diesem Band).
- THOMET, P., STETTLER M., HADORN M., MOSIMANN, E. (2007). N-Düngung zur Lenkung des Futterangebotes von Weiden. *Agrarforschung* 14, 464-469.

Krafftuttergaben und Milchleistung bei Weidegang von Milchviehherden im ökologischen Landbau

E. Leisen; M. Pries, P. Heimberg, M. Vormann

Landwirtschaftskammer NRW, Nevinghoff 40, D-48147 Münster,
Email: Edmund.Leisen@LWK.NRW.DE

Einleitung

Die bisherigen Versuche ließen erwarten, dass bei Weidegang Krafftutter weniger leistungsfördernd ist, vor allem bei Klee im Aufwuchs. Eine erste Auswertung von Praxisdaten schien dies zu bestätigen (Literaturübersicht sowie erste Ergebnisse, Versuchsbericht „Leitbetriebe Ökologischer Landbau 2006“). In den letzten beiden Jahren haben deshalb viele Betriebe ihre Krafftuttergabe zurück genommen. Hier wie auch in einem Fütterungsversuch wurde dessen Wirkung auf die Milchleistung überprüft.

Material und Methoden

Fütterungsversuch im Öko-Stall der LWK NRW auf Haus Riswick mit 2 x 20 Kühen

Weidegang: durchschnittlich 7,8 Stunden zwischen 28.03. – 31.10.2007.

Krafftutter: Gruppe 1: 9,6 dt/Kuh und Jahr; Gruppe 2: 19,3 dt/Kuh und Jahr

Fütterung: aufgewertete Mischration vorwiegend auf Basis Gras-/Kleegrassilagen; tierindividuelle Krafftuttergaben leistungsabhängig ab 25 kg Milch. In ersten 100 Laktationstagen gleiche Gaben, ab 100. Laktationstag Gruppe 1 reduziert, Gruppe 2 leistungsgerecht auf Basis der Milchenergie

Praxiserhebungen

Dargestellt werden die Ergebnisse von 89 Öko-Betrieben aus Nordwestdeutschland, davon 51 Betriebe mit mindestens 50 % Weideanteil während des Sommers (Anteil an Gesamtration einschließlich Krafftutter), bei denen die Rücknahme der Krafftuttermenge vor allem in die Weidezeit fiel.

Parameter:

- Krafftuttergabe: eigenes und zugekauftes Krafftutter **einschließlich energiereiches Saftfutter** (entsprechend dem Energiegehalt umgerechnet auf 6,7 MJ NEL/kg bei 88 % T-Gehalt)
- Jahresmilchleistung (kg ECM/Kuh): verkaufte + verarbeitete + verfütterte + selbst verbrauchte Milch
- Weideanteil an Sommerration: Anteil des Weidefutters an der Gesamtration (Weide + Grobfuttergabe im Stall + Krafftutter)

- Nutzungsdauer: berechnet über bereinigte Reproduktionsrate:
 $100 / ((\text{Versetzungen von Zuchtfärsen} + \text{Zukauf} - \text{Abgänge Zuchttiere} - \text{Bestandsveränderungen Kühe}) / \text{Anfangsbestand Kühe})$
- Lebensleistung (kg ECM/Kuh): Nutzungsdauer x Jahresmilchleistung

Ergebnisse

Fütterungsversuch im Öko-Stall der LWK NRW auf Haus Riswick

Bei der Milchleistung gab es kaum Leistungsunterschiede (Tab.1). Die Gruppe 1 mit geringeren Kraftfuttermengen hat über ein Mehr an Grundfutter etwa gleich viel Futter aufgenommen wie die Gruppe 2. 21-22% des Energiebedarfs wurden schätzungsweise über das Weidefutter gedeckt (Schätzung anhand Bedarf). Die Kondition zeigte: mit Weidefutter konnte verbliebener Energiebedarf gedeckt werden.

Tab. 1:

Futteraufnahme und Leistung in Weide- und Stallperiodeperiode 2007

	Weideperiode	
	Gruppe 1	Gruppe 2
Milchleistung (kg/Tier und Tag, Mittel der 305-Tage-Leistung)		
ECM	26,8	26,9
Futteraufnahme (kg T/Tier und Tag)		
Kraftfutter	2,6	4,7
Grobfutter ohne Weide	12,6	10,4
Gesamtaufnahme ohne Weide	15,2	15,0
Energie (MJ NEL/Tier und Tag)		
Bedarf	126	127
Aufnahme ohne Weidefutter	98	100
erforderliche Bedarfsdeckung über Weide		
absolut	28	27
% des Bedarfs	22	21

Praxiserhebungen

Bei Betrieben mit viel Weidegang kam es zu keinem nennenswerten Rückgang bei der Milchleistung, weder bei höherem noch niedrigerem Kraftfutterausgangsniveau (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Milchleistung bei Rücknahme der Kraftfuttermenge in Betrieben mit viel Weidegang
hier: mindestens 50 % der Gesamtration ist Weide im Sommer

Kraftfuttermenge Ausgangsniveau	Jahr	Kraftfutter dt/Kuh	Jahresmilchleistung		Jahresmilchleistung korrigiert (2)		Weideanteil im Sommer (% T-Aufnahme)	Anzahl Betriebe
			kg ECM/Kuh	kg Milch/ kg KF (1)	kg ECM/Kuh	kg Milch/ kg KF (1)		
hoch	2004/2005	19,3	6521				65	16
	2005/2006	15,9	6382					
	2006/2007	14,8	6216					
	2-j. Diff.	-4,5	-304	0,7	-93	0,2		
niedrig	2004/2005	11,2	6072				70	19
	2005/2006	10,2	6068					
	2006/2007	7,4	5872					
	2-j. Diff.	-3,8	-200	0,5	12	0,0		
Vergleichsbetriebe mit gleichbleibendem Kraftfutterniveau								
meist mittel	2004/2005	12,0	6447				68	16
	2005/2006	11,3	6187					
	2006/2007	11,8	6236					
	2-j. Diff.	-0,3	-211					

(1): errechnet aus Unterschieden bei Jahresmilchleistung und Kraftfuttermenge im Gruppenvergleich

(2): Korrektur um Veränderung bei Vergleichsbetrieben mit gleichbleibendem Kraftfutterniveau

Betriebe mit viel Weidegang erzeugen die Milch mit weniger Kraftfutter. Die Jahresmilchleistung fällt im Mittel des Jahres (Stall- + Weideperiode) niedriger aus, die Lebensleistung ist meist vergleichbar. Auffallend niedrig liegen in Niederungen Nutzungsdauer und Lebensleistung, wenn bei viel Weidegang gleichzeitig viel Kraftfutter gegeben wird (Tab. 3).

Tab. 3: Weideanteil im Vergleich zu Milchleistung bei HF-Kühen

Zeitraum: April 2004 - März 2007

Standort	Weide- anteil im Sommer (% T-Aufnahme)	Kraft- futter im Jahr (dt/Kuh)	Milchleistung			Nutzungs- dauer (in Jahren)	Anzahl Betriebe
			Jahres- leistung (kg ECM/Kuh)	Grob- futter- (kg ECM/Kuh)	Lebens- leistung (kg ECM/Kuh)		
Mittelgebirge	34	12,6	6680	3982	22044	3,3	7
	74	9,5	6668	4618	24005	3,6	6
	23	28,8	7890	1853	24459	3,1	7
	56	18,9	6814	2790	25212	3,7	6
Niederung	30	14,2	7097	4049	26259	3,7	16
	67	9,1	6697	4761	26788	4,0	15
	23	22,7	7451	2645	28314	3,8	16
	58	16,6	7065	3512	21902	3,1	16

Fazit

Bei Weidegang kann in vielen Betrieben Kraftfutter reduziert werden, ohne dass dadurch stärkere Leistungseinbußen auftreten.

Anmerkung: In der Stallperiode brachten höhere Kraftfuttermengen (5,2 statt 4,2 kg/Tier und Tag) mehr Milch, pro kg Kraftfutter waren es im Fütterungsversuch auf Haus Riswick 1,2 kg ECM, in der Praxis etwa 1,4 kg ECM. Der unterschiedliche Effekt erklärt sich möglicherweise aus der unterschiedlichen Grundfutterqualität. Sie fiel 2007 im Fütterungsversuch gut, in der Praxis dagegen witterungsbedingt meist weniger gut aus.

Ausführliche Versuchsergebnisse: siehe Homepage www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ mit finanzieller Unterstützung des Landes und der EU durchgeführt.

Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen und Treibhauspotenzial der Raufutterproduktion

O. Huguenin-Elie und T. Nemecek

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191,
CH-8046; Email: olivier.huguenin@art.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Die begrenzten Energieressourcen und aktuell hohen Energiepreise verlangen nach einer Verbesserung der Energieeffizienz der Raufutterproduktion. Die Landwirtschaft ist auch gefordert möglichst sparsam mit den Energieressourcen umzugehen, um die negativen Umweltwirkungen der Produktion zu reduzieren. Um die Energie- und Ökoeffizienz der Produktion zu optimieren, müssen der Energiebedarf und die Umweltwirkungen der verschiedenen Produktionsverfahren umfassend quantifiziert werden. In diesem Artikel werden der Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen und die potenziellen Wirkungen der Bewirtschaftung von Grasland auf den Treibhauseffekt mit der Ökobilanzmethode SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) analysiert. Diese Ergebnisse stellen einen kleinen Auszug einer umfassenden Ökobilanzstudie (NEMECEK *et al.*, 2005) dar.

Material und Methoden

Die Bilanzierung wurde auf Schlagebene durchgeführt. Das betrachtete System umfasst die benötigte Infrastruktur, alle Inputs und Arbeitsschritte und die dabei auftretenden Emissionen bis und mit der Futterkonservierung. Die Emissionen aus der Verdauung der Tiere und die Stallemissionen sind nicht berücksichtigt. Die Ökoinventare stammen aus der Datenbank ecoinvent Version 1.2 (FRISCHKNECHT *et al.* 2005). Die Berechnung der Ökobilanzen erfolgte gemäss der SALCA-Methodik (NEMECEK *et al.*, 2005; GAILLARD *et al.*, 2008). Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieressourcen wurde gemäss ecoinvent-Methodik berechnet und das Treibhauspotenzial über einen Zeitraum von 100 Jahren gemäss IPCC (IPCC, 2001). Die Umweltwirkungen wurden pro Hektare und Jahr einerseits sowie pro produzierte Menge an Mega-Joule Nettoenergie Milch (NEL) andererseits berechnet. Die analysierten Produktionsverfahren sind in Tab. 1 beschrieben. Details dazu sind in NEMECEK *et al.* (2005) zu finden.

Ergebnisse und Diskussion

Unter den Arbeitsschritten auf dem Grasland benötigen die Ernte-Arbeitsgänge wesentlich mehr nicht-erneuerbare Energieressourcen als die Düngung. Im Bezug auf den Energiebedarf sind deshalb die Weiden deutlich günstiger als das Eingrasen (Abb. 1). Das Treibhauspotenzial der Weiden wird dagegen höher geschätzt als für das Eingrasen, weil die Lachgasemissionen von Harnstellen

deutlich grösser sind als bei anderen Stickstoffquellen (Abb. 2). Unter den Arbeitsschritten auf dem Feld benötigen die Ernte-Arbeitsgänge wesentlich mehr nicht erneuerbare Energieressourcen als die Kulturanlage (Bodenbearbeitung und Saat für die Ansaatwiesen). In Bezug auf den Energiebedarf schneiden deshalb die Dauerwiesen nur wenig günstiger ab als die zwei-jährigen Ansaatwiesen (Abb. 1).

Der Energiebedarf pro produziertem Mega-Joule Nettoenergie Milch (MJ NEL) ist für die Produktion von Belüftungsheu mit Heubelüftung ohne Wärmekollektor zweimal höher als für die Produktion von Grassilage in einem Flachsilo (Abb. 1). Für die Erstellung von Rundballen braucht der Prozess «Ballen wickeln» viel Energie (im Ernte-Prozess berechnet). Zwischen den Konservierungsverfahren sind die Unterschiede bezüglich des Treibhauspotenzials viel geringer als die Unterschiede bezüglich des Energiebedarfs, denn die energiebedingten CO₂-Emissionen spielen im Vergleich zum Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) eine untergeordnete Rolle (Abb. 2). Zudem ist der Schweizer Strommix – im Gegensatz zu vielen anderen Ländern – nur mit wenig CO₂ belastet, weil er v.a. auf Wasserkraft und Atomenergie beruht. Der Energiebedarf für die Produktion von Silomais liegt in der Schweiz nahe bei jenem von Grassilage (NEMECEK *et al.*, 2005).

Die eingesetzte Menge an Mineraldüngern spielt eine wesentliche Rolle für den Energiebedarf, weil die Produktion und der Transport von Mineraldüngern viel Energie benötigt (Abb. 1). Die Düngungsform beeinflusst das gesamte Treibhauspotenzial der Produktionsverfahren nur geringfügig. Die Verhältnisse zwischen den drei wichtigsten Treibhausgasen werden dagegen stark verändert (Abb. 2). Bei mineralischer N-Düngung wird im Vergleich zur Vollgülle fast kein CH₄ emittiert, dafür aber mehr CO₂ und mehr N₂O. Auf einem Betrieb mit Viehhaltung würde aber eine mineralische Düngung der Wiesen zu einer Anwendung der Hofdünger auf den Ackerflächen führen und somit keine Reduktion der Methanemissionen des Betriebes bewirken.

Eine mittel intensive Produktion benötigt weniger Energieressourcen pro Hektare als eine intensive Produktion. Pro produziertem MJ NEL nimmt aber der Energiebedarf mit einer Extensivierung der Bewirtschaftung bis zu den wenig intensiven Verfahren (Abb. 1) zu.

Schlussfolgerungen

Eine Extensivierung der Bewirtschaftung von intensiven zu mittel intensiven Wiesen und Weiden verursacht eine leichte Erhöhung des Energiebedarfs pro produziertem MJ NEL. Der Energiebedarf für die Bewirtschaftung der Schnittwiesen kann vor allem durch energiesparende Verfahren der Futterkonservierung und eine Minimierung der Mineraldüngung zugunsten eines effizienten Hofdüngereinsatzes verringert werden. Durch eine Erhöhung des Weideanteils lässt sich der Energiebedarf wirksam senken. Die Lachgasemissionen entwickeln sich dagegen negativ.

Das Treibhauspotenzial der Raufutterproduktion lässt sich vor allem durch eine Verminderung der Lachgas- und Methanemissionen reduzieren. Dies setzt einen sorgfältigen Umgang mit den Hofdüngern voraus (Lagerung und Ausbrin-

gung), was dank dem so gesparten Stickstoff-Mineraldünger auch einen positiven Effekt auf die CO₂-Emissionen hat.

Tab. 1: Beschreibung der Produktionsverfahren.

Bezeichnung	Produkt	Beschreibung	Ertrag dt TS/ha und Jahr	NEL- Gehalt MJ/kg TS	Anzahl Nutz- ungen /Jahr	kg N _{verf} gedüngt / ha und Jahr	N _{verf} aus Min. Dünger (%)
Weiden	Weidegras	3,4 GVE/ha/Weidep.	101,3	6,6	6	122	50
Eingrasen	Frisches Gras	Täglich eingrasen	127,0	6,5	5	146	20
2 j. G SM	Frisches Gras	2 jährige Gras- Weissklee-Ansaatw.	118,6 ^a	6,5	5	125	20
Silage-Ballen	Grassilage	Rundballen (700 kg)	116,8	6,4	5	146	20
Silage-Hochsilo	Grassilage	Kunststoff-Hochsilo	114,9	6,4	5	146	20
Silage-Flachsilo	Grassilage	Flachsilo	116,8	6,4	5	146	20
Heu-Belüftung	Belüftungsheu	Ohne Wärmekollekt.	116,0	6,0	5	146	20
Heu-Bel. m. WK	Belüftungsheu	Mit Wärmekollektor	116,0	6,0	5	146	20
Bodenheu	Bodenheu	Rundballen	110,7	5,8	5	146	20
Intensiv Min	Bodenheu	Nur Mineral-Dünger	110,7	5,8	5	146	100
Intensiv VG	Bodenheu	Nur Vollgülle	110,7	5,8	5	146	0
Mittel Int VG	Bodenheu	Mittel intensiv	90,2	5,2	4	99	0
Wenig Int	Bodenheu	Wenig intensiv	55,7	4,8	3	33	0

^a Durchschnitt Saat im August – letztes Hauptnutzungsjahr
N_{verf} = verfügbarer Stickstoff, Weidep. = Weideperiode, Bel. = Belüftung, WK = Wärmekollektor, G SM = Gras-Weissklee-Standardmischung, VG = Vollgülle, Min = mineral.

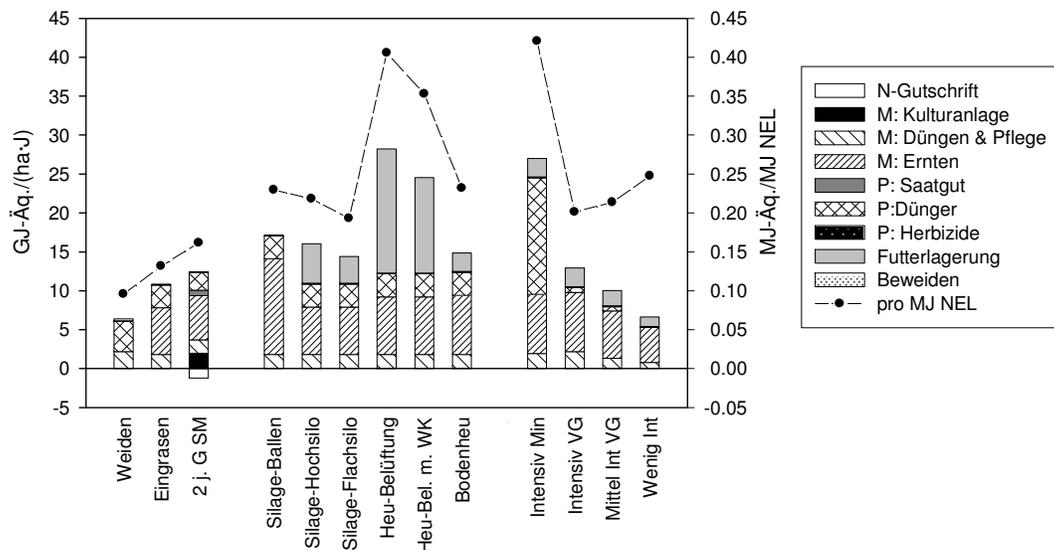


Abb. 1: Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen pro Hektare und Jahr (Säulen) und pro MJ NEL (Punkte) für die verschiedenen Produktionsverfahren (Tab. 1). N-Gutschrift: Stickstoff-Gutschrift für die Nachkultur in Form von Ammoniumnitrat, entsprechend dem Düngerwert der Ansaatwiesen als Vorkultur; M: Mechanisierung; P: Produktionsmittel; Äq. = Äquivalent.

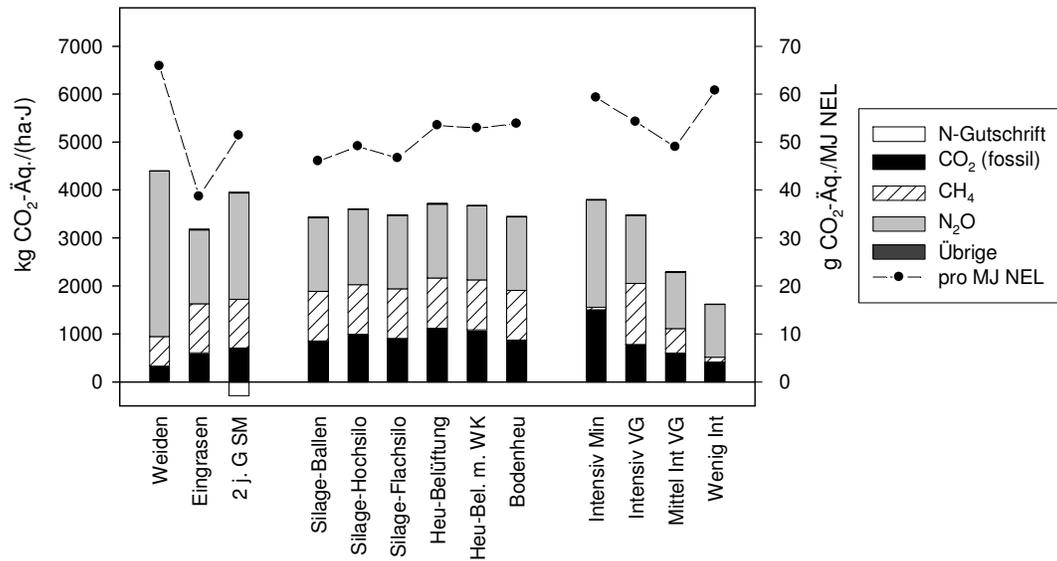


Abb. 2: Treibhauspotenzial über 100 Jahre pro Hektare Anbaufläche und Jahr (Säulen) und pro MJ NEL (Punkte) die verschiedenen Produktionsverfahren (Tab. 1). N-Gutschrift: Stickstoff-Gutschrift für die Nachkultur in Form von Ammoniumnitrat, entsprechend dem Düngerwert der Ansaatwiesen als Vorkultur; Äq. = Äquivalent.

Literatur

FRISCHKNECHT, R., ALTHAUS, H.-J., BAUER, C., CAPELLO, C., DOKA, G., DONES, R., HISCHIER R., JUNGLUTH, N., KELLENBERGER, D., MARGNI, M., NEMECEK, T. & SPIELMANN, M. (2005): Documentation of changes implemented in ecoinvent Data v1.2. ecoinvent report No. 16. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 98 S.

GAILLARD, G., FREIERMUTH, R., BAUMGARTNER, D., CALANCA, P. L., JEANNERET, P., NEMECEK, T., OBERHOLZER, H. R., PRASUHN, V., RICHNER, W. & WEISSKOPF, P. (2008): Methode zur Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Systeme. *Schriftenreihe der FAL* In Vorbereitung.

IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. In: Houghton, J. T. et al. (eds.), Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge, UK.

NEMECEK, T., HUGUENIN-ELIE, O., DUBOIS, D. & GAILLARD, G. (2005): Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau. *Schriftenreihe der FAL* 58, 156 S.

Milchleistung bei unterschiedlichem Lebendgewicht und Entfernung der Weide vom Stall bei Alping

E. Leisen¹; K. Buchgraber²

¹Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Nevinghoff 40, D-48147 Münster,
Email: Edmund.Leisen@LWK.NRW.DE

²Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein,
Raumberg 38, A-8952 Irdning

Einleitung und Problemstellung

Weidehaltung auf Almen dient nicht nur landwirtschaftlichen Zwecken sondern auch der Offenhaltung der Landschaft und dem Schutz der dort lebenden Menschen. Die Bedingungen ändern sich allerdings: Durch Rückgang der Mähnutzung in höheren Lagen stehen immer mehr Weideflächen zur Verfügung, bedingt durch Rationalisierung werden die Einzelherden immer größer. Geprüft wurde, welche Kühe sich für die Alping besonders eignen und welchen Einfluss die Triebwege haben.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf einer Alm im Oberinntal, Tirol, mit Weideflächen in einer Höhenlage zwischen 1450 und 2300 m ü. NN durchgeführt. Beweidet wurde mit Grauvieh (regionale Rasse, an Gebirgslagen angepasst) und Braunvieh. Festgehalten wurden täglich die von der Gesamtherde erzeugte Milch, die Milchinhaltsstoffe und die aus der Milch gewonnene Käsemenge sowie die Entfernung vom Stall, die die Kühe täglich 2 x zurücklegen mussten. Monatlich wurde die Einzeltierleistung und in 2006 auch das Lebendgewicht der Kühe erhoben.

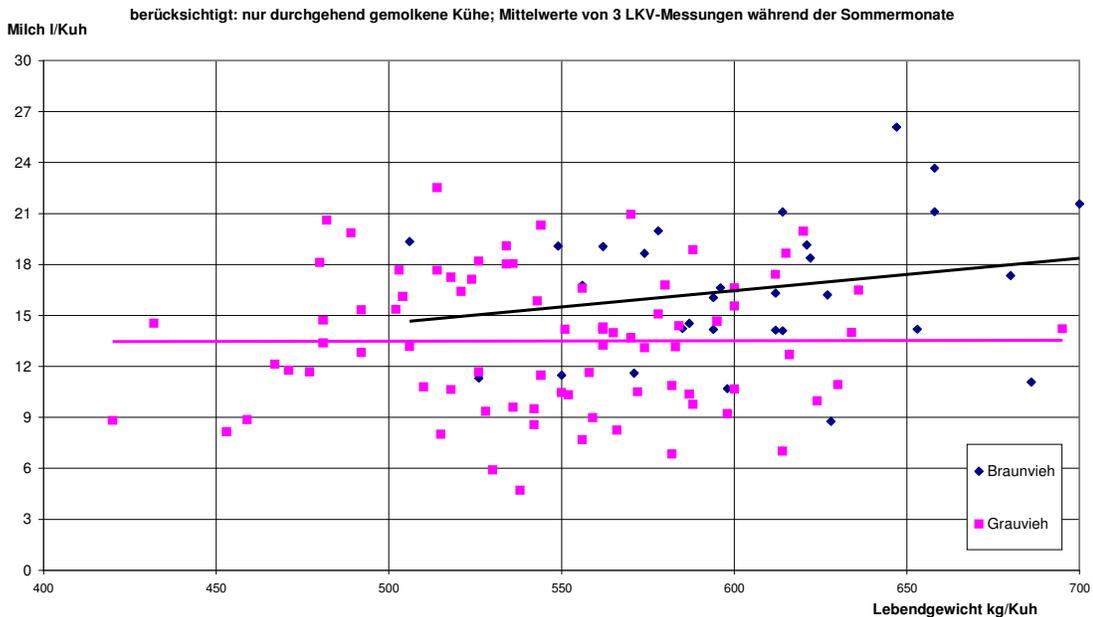
Ergebnisse und Diskussion

Rasse, Lebendgewicht, Milchmenge und Klauengesundheit

Beim **Rassenvergleich** erzielte Grauvieh etwas niedrigere Leistungen (Abbildung), hatte vor allem 2006 aber auch weniger Klauenprobleme. In diesem Jahr mussten während der Almzeit 12 % der Grauviehkühe behandelt werden oder waren zeitweise lahm, beim Braunvieh waren es aber 35 %.

Das **Lebendgewicht** hatte bei Grauvieh (Spannweite: 430 – 680 kg/Kuh) keinen Einfluss auf die Milchleistung. Braunvieh hat sich züchterisch stärker differenziert. Aufgetrieben wurden sowohl Tiere alter Zuchtrichtung, Brown Swiss als auch Kreuzungstiere. Die Unterschiede bei dieser Rasse können deshalb auch auf unterschiedliche Zuchtrichtung zurückgeführt werden.

Vergleich von Lebendgewicht und Tagesmilchmenge 2006



Käsemenge und Entfernung der Weide vom Stall

Da Milch- und Käsemenge sich innerhalb eines Tages ändern können, wenn Flächenwechsel erfolgt, lässt sich auch abschätzen wie hoch die Käsemenge für die einzelnen Flächen ausfällt. Das zeigt sich jeden Sonntag, wenn die Kühe auf der hofnahen Fläche weiden. Die Harnstoffwerte fallen im Mittel der nachfolgenden Abend- und Morgenmilch meist relativ hoch aus, unabhängig von den Werten an den vorangegangenen Tagen. Die Milchmenge fällt ebenfalls meist überdurchschnittlich aus.

Käse ist letztendlich das von der Alm verkaufte Produkt zu dem die gesamte Milch verarbeitet wird. Für den Wert einer Weidefläche entscheidend ist deshalb die Käsemenge, die diese liefert. Hiernach werden im Folgenden die Flächen bewertet:

Sowohl die hofnahe Fläche „Gampen“ als auch einzelne hofferne Flächen brachten überdurchschnittliche Leistungen (Tabelle). Auf diesen Flächen steht zum Beweiden meist junges Futter zur Verfügung (schon früh durch Kühe oder Rinder beweidet). Auf den übrigen Flächen fiel die Käsemenge meist unterdurchschnittlich aus. Die Unterschiede zwischen den Flächen betragen im Extrem (ertragreichste im Vergleich zu ertragschwächsten Fläche) im 3-jährigen Mittel 73 g Käse oder 0,66 l Milch pro Kuh und Tag oder etwa 7 %.

Workshop 3 Effiziente Weidenutzung

Standort und Käsemenge im Vergleich

Standort	Anzahl Weidetage 2005, 2006 und 2007	Käsemenge		Abweichung vom Mittelwert (g/Kuh) ¹⁾	Entfernung (Triebweg in min)	Standortmerkmale Futterbedingungen	Himmelsrichtung	Höhenlage (in m ü NN)
		überdurchschnittlich hoch	Anteil					
		Anzahl Tage	Anteil Tage					
Gampen	44	26	59%	+ 32	0	wöchentlich mind. 1 x beweidet immer junges Futter	alle	1800 - 2000
Scheid	14	8	57%	+ 21	40	Vorweide mit Rindern im Frühjahr, späte Entwicklung, wo trocken: gutes Futter	S, O	2100 - 2300
Trya	22	11	50%	+ 4	40	früh und mehrmals beweidet Piste mit großflächigen Neuansaat, teils sehr wüchsig (Schwedenklee, Knaulgras, Lieschgras, Rotschwengel)	SO	1450 - 1700
Seabla	12	8	67%	+ 3	20	wo ausgeglichen: gutes Futter	SO	1750 - 2000
Plansegg	28	11	39%	- 17	10	unterschiedliche Qualität	SO	2000 - 2300
Lechar Wiesa	23	11	48%	- 22	15	unterschiedliche Qualität	SO	1750 - 2000
Kiastand/Seabla Reich	25	4	16%	- 29	20	verbreitet Borstgras als Hauptbestandbildner	SO	2000 - 2300
Rifa/Malfrist	18	4	22%	- 41	20	unterschiedliche Qualität, teils viele Seggen und viel Borstgras	SO	1750 - 2300

Fazit

Braunvieh erzielte im Vergleich zu Grauvieh höhere Leistungen hatte aber auch mehr Klauenprobleme. Bei Grauvieh hatte das Körpergewicht der Tiere (Spannweite: 430 – 680 kg/Kuh) keinen Einfluss auf die Milchleistung. Sowohl hofnahe als auch einzelne hofferne Flächen brachten überdurchschnittliche Leistungen. Die Unterschiede zwischen den Flächen betragen im Extrem (ertragreichste im Vergleich zu ertragschwächsten Fläche) im Mittel von 3 Jahren 7 %.

Danksagung

Dem Team auf der Komperdel - Alm in Serfaus und den beteiligten Landwirten, dem Braunviehverband und dem Landeskontrollverband Tirol besten Dank für die Unterstützung.

Einfluss von Weidesystem und Beweidungsintensität auf die Ertragsbildung und die Futterqualität von natürlichen Graslandbeständen der Inneren Mongolei, VR China

P. Schönbach¹, A. Schiborra¹, M. Gierus¹, K. Müller², B.M. Tas², A. Susenbeth², F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/ Ökolog. Landbau - Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Christian-Albrechts-Platz 4
D-24118 Kiel, Germany CAU Kiel; Email: pschoenbach@email.uni-kiel.de

²Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie - CAU Kiel

Einleitung und Problemstellung

Die Degradierung der natürlichen Grünlandbestände im chinesischen Hochland als Folge intensiver landwirtschaftlicher Nutzung hat weit reichende ökologische und sozioökonomische Konsequenzen. Vor diesem Hintergrund führt die aus zehn Teilprojekten bestehende DFG-Forschergruppe MAGIM (Matter fluxes in grasslands of Inner Mongolia as influenced by stocking rate – www.magim.net) seit 2004 Feldversuche in der Inneren Mongolei/ China durch. Der Standort (116°42' E, 43°38' N) ist auf dem mongolischen Plateau 1200 m ü. NN gelegen und zeichnet sich durch ein semi-arides Steppenklima aus. Der Jahresniederschlag liegt bei durchschnittlich 340 mm und die mittlere Jahrestemperatur bei 0,7°C. Als Teilprojekt P3 (AG Grünland und Futterbau /Ökologischer Landbau, Universität Kiel) führen wir in Kooperation mit dem Teilprojekt P4 (AG Tierernährung und Stoffwechselphysiologie, Universität Kiel) seit 2005 einen groß angelegten Beweidungsversuch mit Schafen am eingangs beschriebenen Standort durch. Ziel ist die Überprüfung von Mechanismen, die zur Degradierung von natürlichen Grünlandbeständen in der Inneren Mongolei führen. Dabei wird der Einfluss unterschiedlicher Weidesysteme und Beweidungsintensitäten auf die Parameter Ertragsbildung und Futterqualität quantifiziert. Zentral ist die Frage, mit welcher Beweidungsintensität und zeitlichen Verzögerung eine kritische Beweidungsstärke erreicht wird. Die gemessenen Größen sollen außerdem als Anzeiger kritischer Bestandsveränderungen fungieren. Dem Versuch liegt die Annahme zugrunde, dass ein jährlicher Wechsel zwischen Weide- und Heufläche (Mixed System) im Vergleich zu kontinuierlicher Beweidung (Traditional System) höhere Erträge erzielt. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse des Weideversuchs aus den ersten beiden Versuchsjahren 2005 und 2006 vorgestellt. Dementsprechend wird der Einfluss des Weidesystems und der Beweidungsintensität in kurzfristiger Perspektive untersucht.

Material und Methoden

Der Weideversuch umfasst eine Fläche von rund 160 ha und ist als Split-Block Anlage konzipiert, wobei die Blockbildung in 'slope' und 'flat' mögliche Unter-

schiede zwischen Ebene und Hang berücksichtigt. Es werden zwei Nutzungssysteme (Mixed System und Traditional System) mit jeweils sechs Intensitäten (1,5/ 3/ 4,5/ 6/ 7,5/ 9 Schafe ha⁻¹) plus Kontrolle untersucht. Jede Beweidungsintensität besteht aus zwei mindestens 2 ha großen Flächen, wovon eine als Weide (Beweidungstage 2005: 98 Tage, 2006: 90 Tage) und eine dem Heuschnitt dient. Die Flächen der geringsten Beweidungsintensität (1,5 Schafe ha⁻¹) sind 4 ha groß, so dass mit einem Minimum von sechs Schafen ha⁻¹ eine Beweidungsintensität von 1,5 Schafen ha⁻¹ gewährleistet ist. Im Traditional System erfolgen die Beweidung und die Schnittnutzung in allen Versuchsjahren jeweils auf denselben Flächen. Das Mixed System zeichnet sich dagegen durch einen jährlichen Wechsel zwischen Weide und Heufläche aus. In beiden Systemen erfolgt der Heuschnitt Mitte August. Im vorliegenden Beitrag werden allerdings ausschließlich Ergebnisse der Weiden vorgestellt.

Die oberirdische Biomasse wurde monatlich während der Weideperiode (Mai bis September) beprobt. Um den Jahresertrag bestimmen zu können, wurde der Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) auf den beweideten Flächen mittels monatlich umgesetzten Weidekäfigen (2 x 3 m) erhoben. Es wurden jeweils innerhalb und außerhalb der installierten Weidekäfige Proben bis zu einer Stoppelhöhe von 1 cm geschnitten (3 x 0,5 m²). Anschließend wurden die drei Einzelproben gewogen, zu einer Mischprobe vermengt und 24 h bei 60°C getrocknet. Die angegebenen Erträge beziehen sich auf einen bei 60°C ermittelten und anschließend auf 105°C korrigierten TM-Gehalt. Die Biomasseproben wurden außerdem auf diverse Futterqualitätsparameter hin untersucht. Für diese Studie wurden sämtliche Qualitätsparameter anhand von Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) ermittelt. Lediglich zur Kalibration (2005: n = 138, 2006: n = 44) und Validation (2005: n = 25, 2006: n = 10) wurden chemische Laboranalysen durchgeführt. Die angegebenen Gehalte an Rohprotein (XP), Faserfraktionen (NDF, ADF, ADL) und Energie (ME) beziehen sich auf die TM, wohingegen die in-vitro Verdaulichkeit (CDOM) die organische Substanz als Zielgröße hat.

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte im Mixed Modell von SAS 9.1 und wurde für die Jahre 2005 und 2006 getrennt angewendet. Bei signifikantem F-Test ($P < 0,05$) erfolgte die Prüfung der Werte mittels Student t-Test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur. Alle angegebenen Werte sind LS Means.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse ergab für beide Versuchsjahre Effekte des Prüffaktors Intensität auf den Ertrag, wobei weder in 2005 noch in 2006 Systemeffekte oder Interaktionseffekte auftraten. In Tabelle 1 sind die Erträge nach Jahren gegliedert aufgeführt. Demnach nimmt die Produktivität mit zunehmendem Beweidungsdruck ab. Die niedrigsten Erträge wurden in beiden Jahren auf den am stärksten beweideten Flächen realisiert. Im Vergleich dazu waren die Erträge auf den geringsten Intensitäten signifikant höher.

Neben dem Ertrag sind in Tabelle 1 ausgewählte Futterqualitätsparameter in ihrer Beeinflussung durch die Beweidungsintensität dargestellt. Die in der Tabelle angegebenen Ergebnisse der ANOVA zeigen, dass weder System noch die Interaktion zwischen System und Intensität die Futterqualität der untersuch-

Workshop 3
Effiziente Weidenutzung

ten Bestände beeinflusste. Dagegen hatte die Intensität einen deutlichen Einfluss auf die Futterqualität, obgleich lediglich XP-Gehalte in beiden Jahren konsistente Reaktionen auf variierende Intensitäten zeigte. So wurde auf den am stärksten beweideten Flächen (9 Schafe ha⁻¹) der höchste Gehalt an XP nachgewiesen. Im Vergleich dazu wiesen die gering beweideten Flächen (1.5 Schafe ha⁻¹) signifikant niedrigere XP-Gehalte auf.

Tab.1: Jahresertrag und Futterqualität von natürlichen Graslandbeständen der Inneren Mongolei in Abhängigkeit der Beweidungsintensität.

Intensität	df	2005					2006					
		TM	XP†	NDF†	CDOM‡	ME†	TM	XP†	NDF†	CDOM‡	ME†	
Schaf ha ⁻¹		g m ⁻²	g kg ⁻¹					g m ⁻²	g kg ⁻¹			
0		108.0bc	91.1ab	702.7b	599.7a	8.3ab	112.7ab	116.5b	675.0a	634.5a	8.9a	
1.5		156.5a	85.5b	719.1a	585.6a	8.1b	167.7a	113.8b	687.9a	624.4a	8.8a	
3		123.6abc	95.8a	718.5a	592.2a	8.1ab	145.8a	116.0b	683.8a	626.3a	8.8a	
4.5		93.6c	97.7a	715.5ab	603.7a	8.3a	132.3ab	138.0ab	680.6a	640.8a	9.0a	
6		138.4ab	93.6ab	721.9a	588.2a	8.1ab	136.0ab	127.2ab	684.2a	632.7a	8.7a	
7.5		109.3c	97.4a	722.9a	596.5a	8.2ab	112.7ab	150.4ab	671.5a	659.4a	9.2a	
9		97.7c	99.8a	723.5a	600.7a	8.3a	76.8b	157.3a	670.5a	657.7a	9.1a	
SE		7.4	1.7	2.6	3.4	0.1	11.8	7.6	7.2	7.7	0.1	

ANOVA

Prüffaktoren	df	System	Block	Intensität	Sys*Int	Kovariablen
System	1	NS	NS	NS	NS	NS
Block	1	***	***	***	***	***
Intensität	6	***	***	**	*	**
Sys*Int	6	NS	NS	NS	NS	NS
Kovariablen	1	***	***	***	***	***

† Werte beziehen sich auf TM (g kg⁻¹ TM).

‡ Werte beziehen sich auf OM (g kg⁻¹ OM). Nach erfolgter Bonferroni-Holm Korrektur konnten keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Beweidungsintensitäten nachgewiesen werden.

a, b, c, d Werte innerhalb einer Spalte, die durch unterschiedliche kleine Buchstaben gekennzeichnet sind, zeigen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$).

*, **, *** Signifikanzen ergeben sich bei Irrtumswahrscheinlichkeiten von 0.05, 0.01, 0.001.

Entgegen der eingangs formulierten Hypothese ergaben sich kurzfristig, also nach zwei Versuchsjahren, (noch) keine Haupteffekte des Systems, bzw. Interaktionseffekte zwischen System und Intensität. Allerdings reagieren die Bestände deutlich auf variierende Beweidungsintensitäten. Im Bezug auf den Ertrag konnte bereits im ersten Versuchsjahr eine signifikante Abnahme des Jah-

resertrages auf den intensiv beweideten Flächen (7.5 und 9 Schafe ha⁻¹) im Vergleich zur geringen Beweidung festgestellt werden. Dementsprechend scheinen die Bestände bei einem Beweidungsdruck von >7.5 Schafe ha⁻¹ bereits nach kurzer Beweidungsdauer geringere Erträge zu generieren. Gao (2007) hat im Untersuchungsgebiet ebenfalls reduzierte Produktivitäten stark beweideter Flächen festgestellt. Allerdings handelte es sich dabei um langfristig beweidete Flächen.

Unter den vorgestellten Futterqualitätsparametern kommt vor allem der XP-Gehalt als ein potenzieller Indikator für den Zustand der natürlichen Graslandbestände in der Inneren Mongolei in Frage. Ausschlaggebend für die höheren Proteingehalte der stark beweideten Behandlungen dürfte u. a. die Tatsache sein, dass mit intensiver werdender Beweidung das phenologische Stadium der Pflanzen durch ständigen und intensiven Verbiss beeinflusst wird. Dementsprechend verlangsamt der intensive Beweidungsdruck den Reifeprozess der Pflanzen und damit eine Abnahme der XP-Gehalte (BUXTON 1996). Außerdem reagieren unter Beweidungsstress stehende Pflanzen mit einer verstärkten N-Translokation von den Wurzeln zu der verbliebenen bzw. neugebildeten Blattmasse (NOY-MEIR 1993). Der positive Effekt von Kot- und Harnstoff Einträgen in den Boden infolge intensiver Beweidung auf Pflanzen N-Gehalte, wird ebenfalls in der Literatur diskutiert (MC NAUGHTON *et al.* 1997).

Schlussfolgerungen

Die statistische Auswertung zeigt den Einfluss der Beweidungsintensität auf die Produktivität und auf die Futterqualität von natürlichen Graslandbeständen in der Inneren Mongolei. Demnach ergeben sich bereits innerhalb der ersten beiden Versuchsjahre deutliche Auswirkungen auf den Ertrag und den Qualitätsparameter XP. Während der Ertrag auf den höchsten Intensitäten in beiden Jahren signifikant niedriger lag im Vergleich zur geringsten Beweidungsstärke, war es beim Gehalt an XP genau umgekehrt. Die Parameter Ertrag und XP-Gehalt eignen sich als Anzeiger kurzfristiger, beweidungsbedingter Bestandsveränderungen. Die ersten zwei Versuchsjahre reichten allerdings nicht aus, um einen Einfluss des Weidesystems auf Ertrag oder Futterqualität festzustellen.

Literatur

- BUXTON, D.R. (1996): Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology* (Netherlands). 59(1-3). 37-49.
- GAO, Y., 2007. INFLUENCES OF DIFFERENT LAND USE MANAGEMENT ON NET PRIMARY PRODUCTIVITY AND BELOWGROUND CARBON ALLOCATION IN A SEMI-ARID INNER MONGOLIA STEPPE. DISSERTATION. KIEL.
- MCNAUGHTON S.J., BANYIKWA F.F., MCNAUGHTON M.M., 1997. Promotion of the cycling of diet-enhancing nutrients by African grazers. *Science* 278.1798–1800.

GIS-gestützte Quantifizierung von Narbenschäden auf Winterweiden

T. Mattern, H. Laser

Justus-Liebig-Universität Gießen, Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau,
Karl-Glöckner-Str. 21 C, D- 35394 Gießen, Email: tim.mattern@agrar.uni-giessen.de

Einleitung und Problemstellung

Die Winterrassenhaltung von Mutterkühen ist ein kostengünstiges und arbeits-sparendes Produktionsverfahren, das gerade für die Grünlandnutzung an land-wirtschaftlichen Grenzstandorten geeignet ist (SIMON 2007). Allerdings lässt sich die Winterbeweidung nicht ohne Narbenschäden realisieren. Das Ausmaß der Narbenschädigungen in Bezug zur gesamten Weidefläche hängt mit Besatzdichte und Weidedauer zusammen und wird je nach Boden mit 1,7 bis zu 20 % angegeben (FISCHER & SCHALITZ, 2000; HOCHBERG & DYCKMANS, 2002; SIMON 2007). Ergänzend zu qualitativen Untersuchungen über die Vegetation verschieden starker Narbenschädigungen (vgl. MATTERN & LASER, 2007, 2008) wurden Narbenschäden unter zwei Managementsystemen kartiert.

Material und Methoden

In die Untersuchung einbezogen wurden je zwei Winterweiden, die als Um-triebsweide mit Wechsel der Futterplätze bzw. als Standweide mit stationärer Heuraufe bewirtschaftet wurden. Unter Zuhilfenahme eines GPS-Empfängers wurden die Abgrenzungen verschieden stark geschädigter Weidebereiche ein-gemessen und in ein geografisches Informationssystem (GIS) übertragen. So konnten die jeweiligen Flächengrößen bzw. -anteile berechnet werden und die räumliche Verteilung der Narbenschäden auf Luftbildern (Orthophotos) darge-stellt werden. Betrieb C befindet sich im Hohen Westerwald, Betrieb E im Über-gangsbereich von Lahn-Dill-Bergland zum Giessener Becken.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1 gibt die Anteile der Narbenschäden je Koppel wider, Abb. 1 u. 2 stellen deren räumliche Verteilung dar (aus drucktechnischen Gründen wurde hier auf eine Verschneidung mit den Luftbildern verzichtet).

Tab. 1: Anteile verschieden starker Narbenschäden auf den untersuchten Winterweiden

Betrieb – Weide	C – 1	C – 2	E – 1	E – 2
Management-Typ				
Weideform	Umtriebsweide		Standweide	
Futterplätze	mobil		stationär	
Koppelgröße [ha]	3,1	6,2	2,8	1,4
Besatzdichte [GV ha ⁻¹]	6,4	4,8	3,4	4,6
Aufnahmedatum	03.04.2008		12.03.2008	
Beweidungsdauer	ca. 3 Wochen	ca. 5 Wochen	ca. 3 Monate	ca. 3 Monate
Narbenschäden [%]:				
• 0 – 12 %	79,4	82,6	80,9	80,2
• 12 – 25 %	6,7	2,4	1,4	0
• 25 – 50 %	6,7	5,8	9,7	6,2
• 50 – 75 %	3,0	3,6	2,5	1,3
• 75 – 100 %	4,2	5,6	5,5	12,3

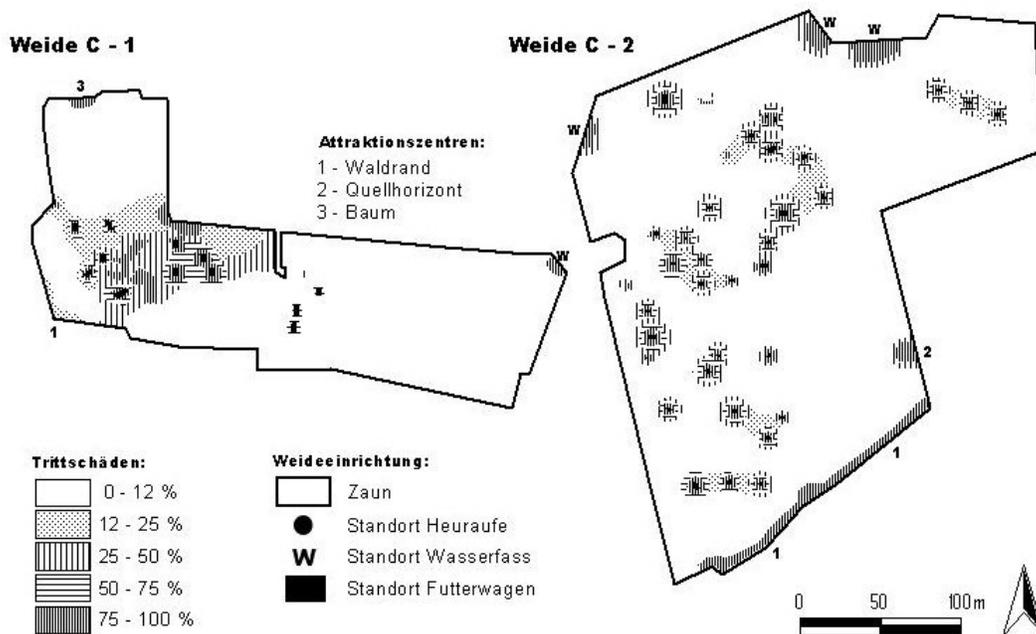


Abb. 1: Räumliche Verteilung der Narbenschäden auf den Winterumtriebsweiden C-1 und C-2.

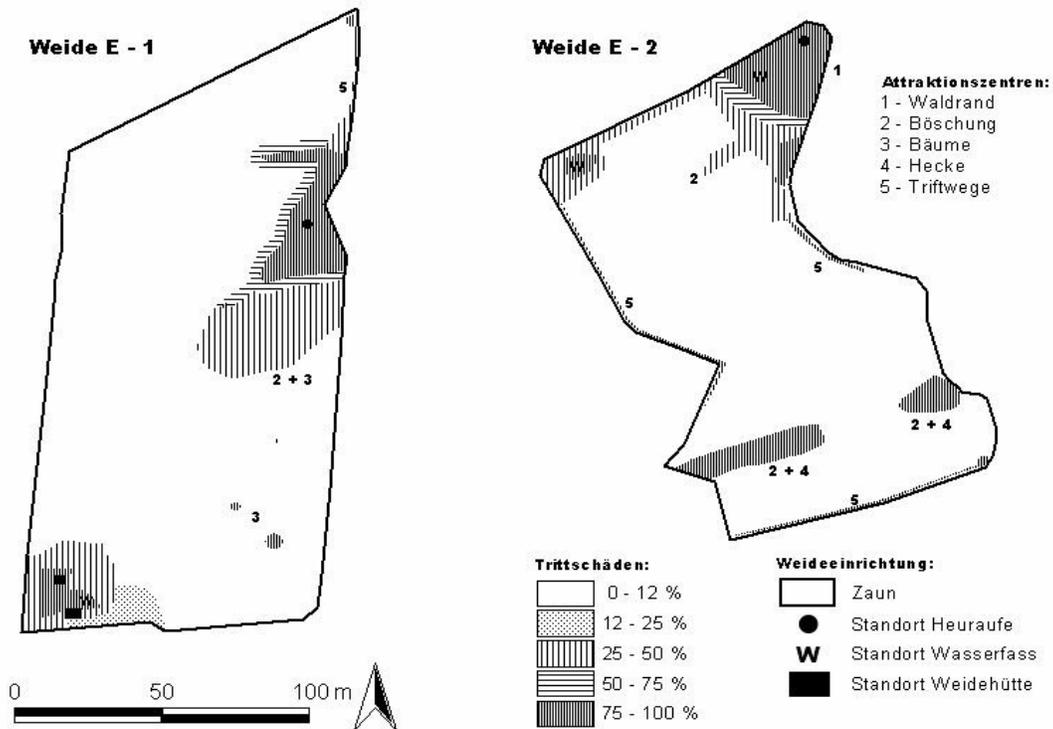


Abb. 2: Räumliche Verteilung der Narbenschäden auf den Winterstandweiden E-1 und E-2.

Die unterschiedlichen Management-Typen bedingen eine verschiedene räumliche Ausprägung der Narbenschäden. Während sie bei Wechsel der Futterplätze zwar weit über die Koppel verteilt sind, konzentrieren sie sich bei stationären Futterplätzen und Wasserfässern auch in einem weitläufigeren Umfeld. Weitere Attraktionszentren, an denen Narbenschäden vermehrt auftreten sind Bäume, Waldränder und Hecken bei denen die Tiere Schutz vor Witterungseinflüssen suchten, sowie auf Triftwegen und z. T. an Böschungen.

Schlussfolgerungen

Das Ausmaß der Beschädigung der Weideflächen ist unabhängig vom Management-Typ. Einem erhöhten Nährstoffeintrag im Bereich um die Futterplätze (vgl. OPITZ v. BOBERFELD *et al.* 2005) ist mit Wechsel der Futterplätze besser zu begegnen.

Aufgrund der vorhergegangenen Untersuchungen (MATTERN & LASER, 2007, 2008) lässt sich sagen, dass sich starke Beschädigungen besser selbständig regenerieren, so lange sie kleinflächig gehalten werden. Verbliebene Rest-Vegetation in beschädigten Flächen (bis zu einer Narbenschädigung von etwa 75 % Lückigkeit) sowie die vom Rand her wieder einwandernde Vegetation tragen wesentlich zur Regeneration der Narbenschäden bei. Großflächige Schäden regenerieren sich deutlich langsamer.

Im Sinne einer kostensparenden Bewirtschaftung sollten größere, vollständig zerstörte Bereiche in jedem Fall vermieden werden. In vielen Fällen kann dann

durch die Ausnutzung der hohen Regenerationsleistung im Frühjahr und Frühsommer auf eine Nachsaat verzichtet werden.

Literatur

- FISCHER, A. und SCHALITZ, G. (2000): Zweijährige Analysen der Winterweide mit Mutterkühen verschiedener Rassen auf reliefiertem Niedermoor bei Paulinenaue. *Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband* 1/2000, 23-32.
- HOCHBERG, H. und DYCKMANS, A. (Hrsg., 2002): Tiergerechte und umweltverträgliche Freilandhaltung von Fleischrindern im Winter. *Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband* 2/2002.
- MATTERN, T. und LASER, H. (2007): Narbenregeneration in Abhängigkeit von der Schadensintensität. *Mitt. Ges. f. Pflanzenbauwiss.* 19, 150-151.
- MATTERN, T. und LASER, H. (2008): Sward regeneration after winter grazing depending on the intensity of sward damage. *Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production. Grassl. Sci. Europe* 13: 275-277.
- OPITZ v. BOBERFELD, W., STERZENBACH, M., LASER, H. (2005): Accumulations of N, P and K in soil in different systems of outdoor keeping during winter with cattle. *Die Bodenkultur* 56, 53-60.
- SIMON, J. (2007): Validierung ganzjähriger Außenhaltung von Fleischrindern auf betriebsübergreifender Ebene unter den Aspekten Produktionstechnik und Narbe. *Dissertation*. Universität Gießen.

Pflanzenbestände langjährig durch Fleischrinder genutzter Winterumtriebs- und Winterstandweiden

W. Opitz von Boberfeld, J. Simon, K. Elsebach und H. Laser

Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau, Justus-Liebig-Universität Gießen
E-mail: Wilhelm.Opitz-von-Boberfeld@agrar.uni-giessen.de

Problemstellung

Die Durchführung der Winteraußenhaltung auf Stand-, anstatt Umtriebsweiden, kann natur- oder wirtschaftlich verursacht sein. Sofern aufgrund bodentypologischer Eigenschaften die Tragfähigkeit des Grünlandes für winterlichen Weidegang nur auf einem kleinen Teil der Betriebsfläche möglich ist, kann dann im Winter nur ein Teil des Grünlandes ohne Umtrieb, also als Winterstandweide, genutzt werden. Andererseits können kostenträchtige Unterstände als regional-spezifische Auflagen für die Außenhaltung eine Standweidenutzung im Winter mit meist sogar erhöhten Besatzdichten zur Konsequenz haben. Winterlicher Weidegang mit längerer Verweildauer und höheren Besatzdichten führen häufig zu verstärkten Narbenverletzungen und Bodenverdichtungen (OPITZ v. BOBERFELD et al. 2007). Offenbar hat allerdings der erhöhte Schädigungsgrad nicht zwingend eine Degeneration der Narbe zur Folge (ELSEBACH 2006). Weiterhin kann die Zufütterung besatzdichtenabhängig zu einer Akkumulation an Nährstoffen führen (KÖNIG 2002, OPITZ v. BOBERFELD et al. 2005). Darüber hinaus verschärft winterlicher Weidegang mit fehlendem Umtrieb die weidehygienischen Probleme, so kann auf diese Weise der Ausbreitung von Magen-Darm-Strongyliden Vorschub geleistet werden (JÄGER et al. 2005), die Verbreitung der durch Mykobakterien verursachten Paratuberkulose, Johne'sche Krankheit, kann ferner begünstigt werden (HINGER et al. 2006) etc.

Ziel des Beitrages hier ist es, langfristig professionell bewirtschaftete Winterstand- und Winterumtriebsweiden von Vollerwerbsbetrieben ohne Herbizidanwendung unter den Aspekten Futterwert, floristische Diversität, Narbenschäden und bodenchemischer Eigenschaften vergleichend zu bewerten und Schlüsse abzuleiten.

Material und Methoden

Futterbaubetriebe, die professionell die Ganzjahres-Außenhaltung von Fleischrindern langfristig betreiben, gibt es hierzulande kaum, denn diese Form der Landnutzung ist selbst auf Grenzertragsstandorten in Mitteleuropa kaum etabliert. Die Zahl der Betriebe für derartige Analysen ist somit äußerst begrenzt. Abb. 1 gibt Auskunft über die Standorte und Strukturen der für die Erhebung ausgewählten Betriebe. Bis auf Betrieb B, der auf sämtlichen Umtriebsweiden kompostiertes kommunales Grüngut, $90 \text{ dt TS ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, ausbringt und Betrieb D, der mit dem Tiefstallmist der Unterstände seine Standweiden düngt, werden keine Dünger appliziert. Jährlich nachgesät wird nur auf Betrieb D.

Tab. 1: Kennzeichnung der Erhebungsbetriebe

Winterweiden Standorte	Umtriebsweiden		Standweiden		\bar{x}
	A	B	C	D	
Beginn (Jahr)	1965	1989	1995	1980	1982
m über NN	300	360	450	340	363
Niederschlag (mm)	790	960	1000	760	878
Mittl. Temperatur (°C)	7,8	7,5	6,9	7,5	7,4
Geol. Untergrund	Grauwacke	Grauwacke	Grauwacke	Buntsandst.	-
Hydrom. Bodentypen (%)	9	17	0	0	7
Betriebsstruktur					
Winter-Weidefläche (ha)	100	150	6	16	68
Winterweide-Koppelzahl	7	18	1	2	7
Herden	4	3	1	2	3
Besatzdichte (GV ha ⁻¹)	1,9 – 2,8	4,2 – 7,7	6,0	7,7 – 8,0	6,4
Nutzungsdauer	variabel	variabel	Dez. – April	Dez. – April	-
Rasse	Angus	Limousin	Limousin	Limousin	-

Von Mitte Mai bis Anfang Juli 2005 wurden von den Winterweiden Vegetationsaufnahmen nach dem Verfahren Klapp-Stählin (KLAPP 1929) im 100 x 100 m Raster erstellt. Von jedem dieser Rasterpunkte wurde Ende März 2006, als Indikator für Narbenschäden durch Weidegang im Winter, die von Pflanzen nicht bedeckte Bodenoberfläche geschätzt. Die Bodenprofilansprache und die Entnahme der Bodenproben erfolgte im 200 x 200 m Raster. Damit basiert der Vergleich auf 289 Vegetationsaufnahmen und 150 Bodenproben bzw. Profilansprachen. Der pH-Wert wurde mit einer Glaselektrode in einer 0,01 M CaCl₂-Lösung gemessen (ANONYMUS 1991). Die pflanzenverfügbaren Phosphat- und Kalium-Mengen wurden aus einem Calcium-Acetat-Laktat-Auszug bestimmt (ANONYMUS 1991). Neben dem arithmetischen Mittel sind in den Abb.1 und 2 die Maxima und Minima sowie der Bereich, in dem 50% der Einzelwerte angesiedelt sind, abgetragen.

Ergebnisse und Diskussion

Abb.1 zeigt, dass der Anteil von Pflanzen nicht bedeckter Bodenoberfläche auf den Winterstandweiden besatzdichtenabhängig mit 40 bzw. 53% wesentlich größer als auf den Winterumtriebsweiden mit 21 bzw. 31% ist. Auf den Standweiden ist der Grad der Schädigung auch vom Bodentyp abhängig; während auf den Gley-Kolluvisolen und Pseudogley-Braunerden die offene Fläche 71% ausmacht, liegt sie auf den Braunerden bei 38%. Nach Untersuchungen von ELSEBACH (2006) und SCHLIMBACH (2006) haben diese Lücken Auswirkungen auf die Erträge der Primäraufwüchse. Auffallend sind die trotz fehlender Düngung hohen K-Mengen, insbesondere auf den Standweiden. Auf sämtlichen Winterweiden herrschen *Lolio-Cynosureten* mit dem Hauptbestandbildner *Lolium perenne*, Umtriebsweiden $x = 23\%$, bzw. *Phleum pratense*, $x = 12\%$ Betrieb C, und *Lolium perenne*, $x = 11\%$ Betrieb D, vor; von den *Fabaceen* dominiert auf den Umtriebsweiden *Trifolium repens*, $x = 5\%$, und auf den Standweiden *Trifolium pratense*, $x = 5\%$ Betrieb C, bzw. *Trifolium repens*, $x = 7\%$ Betrieb D.

Workshop 3
Effiziente Weidenutzung

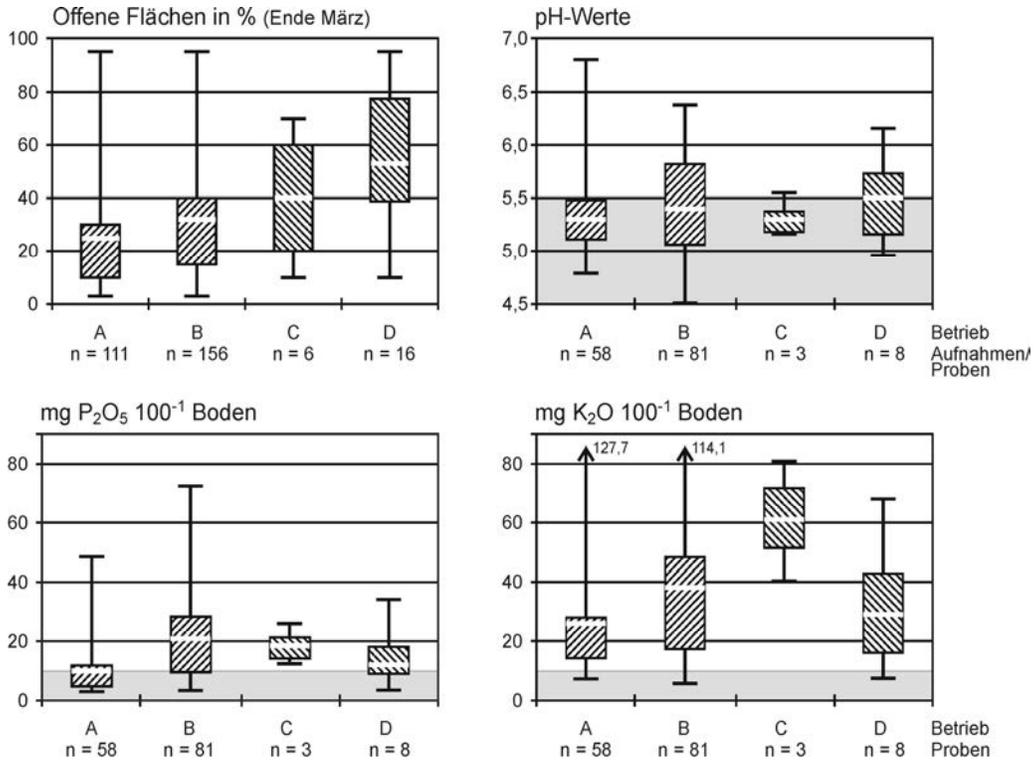


Abb. 1: Narbendichte und bodenchemische Werte der 150 Beprobungen.

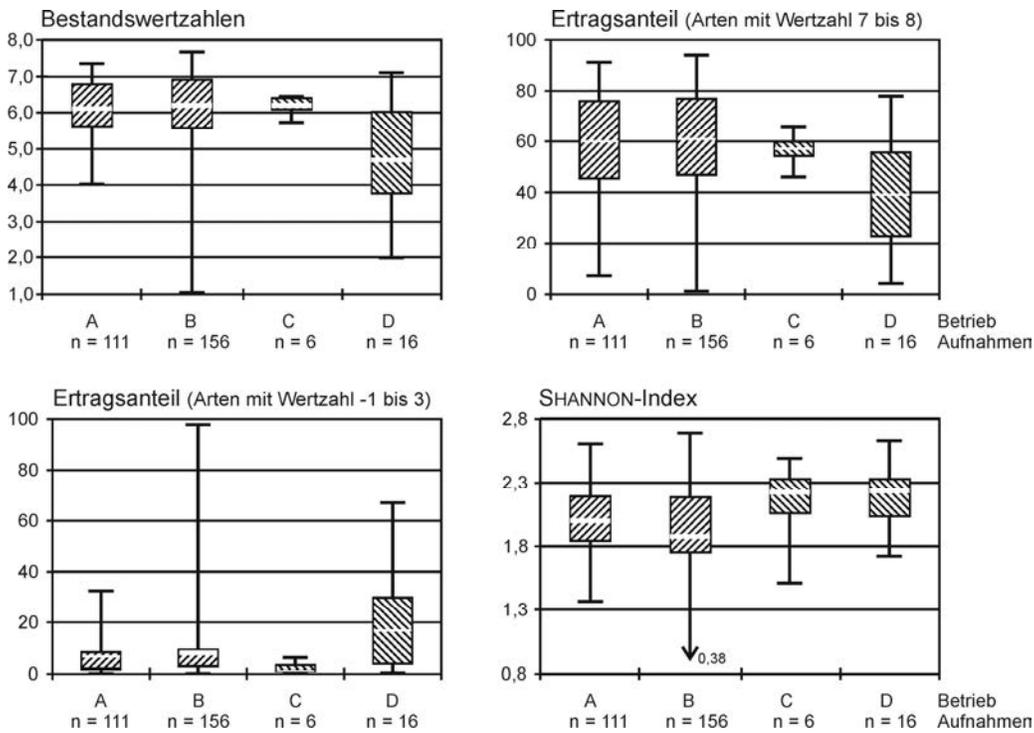


Abb. 2: Wertzahlen, wertzahlabhängige Ertragsanteile und floristische Diversität der 289 Vegetationsaufnahmen.

Von den N-Zeigern sind zwar *Elymus repens* und *Rumex obtusifolius* vorkommend, ein Unterschied zwischen Stand- und Umtriebsweiden ergibt sich jedoch aufgrund der relativ geringen Stetigkeiten und der recht geringen mittleren Ertragsanteile nicht. Verdichtungsanzeiger haben auf den Stand- wie Umtriebsweiden keine Bedeutung; auf den Winterstandweiden mit höheren Besatzdichten sind jedoch vermehrt Arten der *Lolio-Plantagineten* vorhanden, so u.a. *Agrostis stolonifera*, *Poa annua*, *Leontodon autumnalis*, *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, mit Auswirkungen auf den Futterwert der Bestände, vgl. Abb. 2. Über die Verteilung der Wertzahlen und Shannon-Indices gibt Abb. 2 weitere Auskunft. Das Regenerationsvermögen infolge winterlichen Weidegangs beeinträchtiger Arten ist demzufolge ganz beachtlich, hierzu ergeben sich weitere interessante Ansatzpunkte für die künftige Forschung auf diesem Sektor (MATTERN & LASER 2008).

Schlussfolgerungen

Der Vergleich langjährig professionell praktizierter Winterstand- und Winterumtriebsweiden hat gezeigt, dass in der Schädigung der Narben markante Unterschiede vorliegen, die eine Beeinträchtigung der Bestandswertzahlen von Standweiden bedingt haben. Der erhöhte Lückenanteil dort hat generell nicht zu Ungras- bzw. Unkrautproblemen geführt, vielmehr ist der Shannon-Index auf den Standweiden höher. Vor allem langjährig praktizierte Winterstandweiden zeichneten sich durch erhöhte K-Mengen des Bodens aus. Winterumtriebs- verglichen mit Winterstandweiden haben unter pflanzenbaulichem Aspekt Vorzüge.

Literatur

- ANONYMUS, 1991: Methodenbuch 1. Die Untersuchung von Böden. 4. Aufl., Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- ELSEBACH, K., 2006: Winterweidesysteme mit Schafen und tierartübergreifende Effekte auf Ertragsanteile und Artenmuster verschiedener Narben. Diss. Gießen.
- HINGER, M., H. BRANDT, S. HORNER & G. ERHARDT, 2007: Short communication: Association analysis of microsatellites and *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* antibody response in German Holsteins. J. Dairy Sci. **90**, 1957-1961.
- JÄGER, M., M. GAULY, C. BAUER, K. FAILING, G. ERHARDT & H. ZAHNER, 2005: Endoparasites in calves of beef cattle herds: Management systems dependet and genetic influences. Vet. Parasitol. **131**, 173-191.
- KÖNIG, H.-P., 2002: Stickstoffumsatz und N_{min} -Anreicherung auf Grünland während des Winters bei ganzjähriger Außenhaltung von Fleischrindern. Diss. Göttingen.
- MATTERN, T. & H. LASER, 2008: Sward regeneration depending on damage intensity after winter pasturing. Grassl. Sci. Europe **13**, 275-277.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., M. STERZENBACH & H. LASER, 2005: Accumulations of N, P and K in soil in different systems of outdoor keeping during winter with cattle. J. Austrian Agric. Res. **56**, 53-60.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., G. SCHLIMBACH & D. SCHRÖDER, 2007: Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale. Z. Pflanzenbauwiss. **11**, 20-27.
- SCHLIMBACH, G., 2006: Validierung von winterweidesystemen mit Fleischrindern und tierartübergreifende Effekte auf bodenphysikalische Merkmale. Diss. Gießen.

Langjährige Ganzjahres-Außenhaltung von Fleischrindern und Pflanzenbestände - eine Validierung auf betriebsübergreifender Ebene -

W. Opitz von Boberfeld, J. Simon, K. Elsebach und H. Laser

Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau, Justus-Liebig-Universität Gießen
Email: Wilhelm.Opitz-von-Boberfeld@agrar.uni-giessen.de

Problemstellung

Die pflanzenbauliche Analyse und Entwicklung des Landnutzungsverfahrens Ganzjahres-Außenhaltung von Wiederkäuern unter mitteleuropäischen Verhältnissen hat sich aufgrund bisher fehlender Informationen lediglich auf Teilbereiche der Winteraußenhaltung konzentriert, so Aspekte der Winterfutterqualität einschließlich Konservierung (OPITZ V. BOBERFELD & STERZENBACH 2001, OPITZ V. BOBERFELD & WÖHLER 2002, OPITZ V. BOBERFELD et al. 2003, WOLF & OPITZ V. BOBERFELD 2003, KRÄLING 2005, LASER 2005, OPITZ V. BOBERFELD & BANZHAF 2005), der Nährstoffakkumulation (KÖNIG 2002, OPITZ V. BOBERFELD et al. 2005), der Bodenverdichtungen (OPITZ V. BOBERFELD et al. 2007) und der Narbenstruktur (WATT et al. 1996, HOFMANN et al. 2002, ELSEBACH 2006). Was vor diesem Hintergrund fehlt, ist eine abschließende Validierung der Pflanzenbestände auf betriebsübergreifender Ebene. Günstige Voraussetzungen dafür bieten Haupt- und die in der Literatur in dem Zusammenhang bisher praktisch nicht berücksichtigten Nebenerwerbsbetriebe, die ganzjährige Außenhaltung professionell langfristig ohne Herbizideinsatz und möglichst unter Verzicht auf Nachsaaten betreiben. Den Zielgrößen Futterwert und floristische Diversität kommt dabei eine Vorrangstellung zu.

Material und Methoden

Die professionell praktizierte Ganzjahres-Außenhaltung von Fleischrindern ist in den peripheren Lagen Mitteleuropas bisher nur ganz vereinzelt etabliert, für eine solide Validierung sind folglich kaum Betriebe verfügbar. Tab. 1 gibt Auskunft über die Standorte und Strukturen der für die Validierung ausgewählten Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe. Im Gegensatz zu den Haupterwerbsbetrieben besteht die Landfläche bei den Nebenerwerbsbetrieben nahezu ausschließlich aus Pachtland. Bis auf den Betrieb B, der auf seiner gesamten Fläche $90 \text{ dt TS ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Kompost – Ausgangssubstanz: Grüngutabfall (= Baum-, Strauch-, Rasenschnittgut, Laub) einer größeren Region – seit mehr als 10 Jahren entsorgt, wird auf den Betrieben nicht gedüngt, nicht nachgesät und es werden keine Herbizide eingesetzt.

Von Mitte Mai bis Anfang Juli 2005 wurden von den gesamten Grünlandflächen Vegetationsaufnahmen nach dem Verfahren Klapp-Stählin (KLAPP 1929) im $100 \times 100 \text{ m}$ Raster erstellt. Zur Objektivierung der Schätzungen wurden diese von

zwei Personen unabhängig vorgenommen. Die Bodenprofilansprache und die Entnahme der Bodenproben erfolgte im 200 x 200 m Raster.

Tab. 1: Kennzeichnung der Erhebungsbetriebe

Betriebe Standorte	Vollerwerbsbetriebe		Nebenerwerbsbetriebe		\bar{x}
	A	B	C	D	
Beginn (Jahr)	1965	1989	1992	1986	1983
m über NN	300	360	450	450	390
Niederschlag (mm)	790	960	1000	1000	938
Mittl. Temperatur (°C)	7,8	7,5	6,9	6,9	7,3
Geol. Untergrund	Grauwacke	Grauwacke	Grauwacke	Grauwacke	-
Betriebsstruktur					
LF (ha)	100	150	74	53	94
Koppelzahl	7	18	13	23	15
Rasse	Angus	Limousin	Aubrac	Salers	-
Mutterkühe	69	76	30	22	49
Fleischrinder	95	97	25	10	57
Herden	4	3	2	1	3

Vom Zentrum der Aufnahme- und Beprobungspunkte wurden mit einem GPS-Gerät die Gauss-Krüger-Koordinaten bestimmt. Damit basiert die Validierung auf 389 Vegetationsaufnahmen und 207 Bodenproben bzw. Profilansprachen. Der pH-Wert wurde mit einer Glaselektrode in einer 0,01 M CaCl₂ – Lösung gemessen (ANONYMUS 1991). Die pflanzenverfügbaren Phosphat- und Kalium-Mengen wurden aus einem Calcium-Acetat-Lactat-Auszug bestimmt (ANONYMUS 1991). Neben dem arithmetischen Mittel sind in den Abb. 1 und 2 die Maxima und Minima sowie der Bereich, in dem 50% der Einzelwerte angesiedelt sind, abgetragen.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 vermittelt, dass hydromorphe Bodentypen etwa 20% des Areals einnehmen; insgesamt dominieren saure Braunerden und in den Tallagen fruchtbare Kolluvisole. Zwischen Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben bestehen – vermutlich aufgrund des recht hohen Pachtlandanteils bei den Nebenerwerbsbetrieben – Unterschiede in der Bodenreaktion. Vor dem Hintergrund von Ausgangsgestein, Niederschlagsraten und fehlender Düngung sind die vergleichsweise hohen K-Mengen, vgl. Abb.1, auffallend, hier wird in der Mehrzahl sogar die Versorgungsstufe „optimal“ erreicht.

Während auf den Haupterwerbsbetrieben *Lolio-Cynosureten* mit dem Hauptbestandsbildner *Lolium perenne*, $x = 23\%$, vorherrschen mit relativ hohen Anteilen an *Trifolium repens*, $x = 5\%$, sind auf den Nebenerwerbsbetrieben nahezu ausnahmslos *Festuco-Cynosureten* mit dem Hauptbestandsbildner *Festuca rubra*, $x = 27\%$ Betrieb C, bzw. *Agrostis capillaris*, $x = 18\%$ Betrieb D, verbreitet; von den *Fabaceen* dominieren hier *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* mit jeweils $x = 2\%$ Ertragsanteil. Auf den *Festuco-Cynosureten* sind stärker Differentialarten der feuchten Subassoziation vorhanden, die neben Nässe nutzungsbedingt auch gleichzeitig Verdichtungen anzeigen. *Lolio-Plantaginetum*-Kennarten sind hier praktisch bedeutungslos. Von den N-Zeiger-Arten sind *Cirsium arvense*, *Elymus repens* und *Rumex obtusifolius* mit durchweg geringer Stetigkeit und geringen mittleren Ertragsanteilen vorkommend. Als Verdichtungszeiger kommen mit begrenzter Stetigkeit und geringen Ertragsanteilen

Deschampsia cespitosa und *Juncus sp. var. Rumici-Alopecureten* sind insofern auch nicht angesiedelt.

Über die Verteilung der Wertzahlen, die Ertragsanteile der wertvollen und der weniger wertvollen Arten sowie die Shannon-Indices gibt Abb.2 Auskunft.

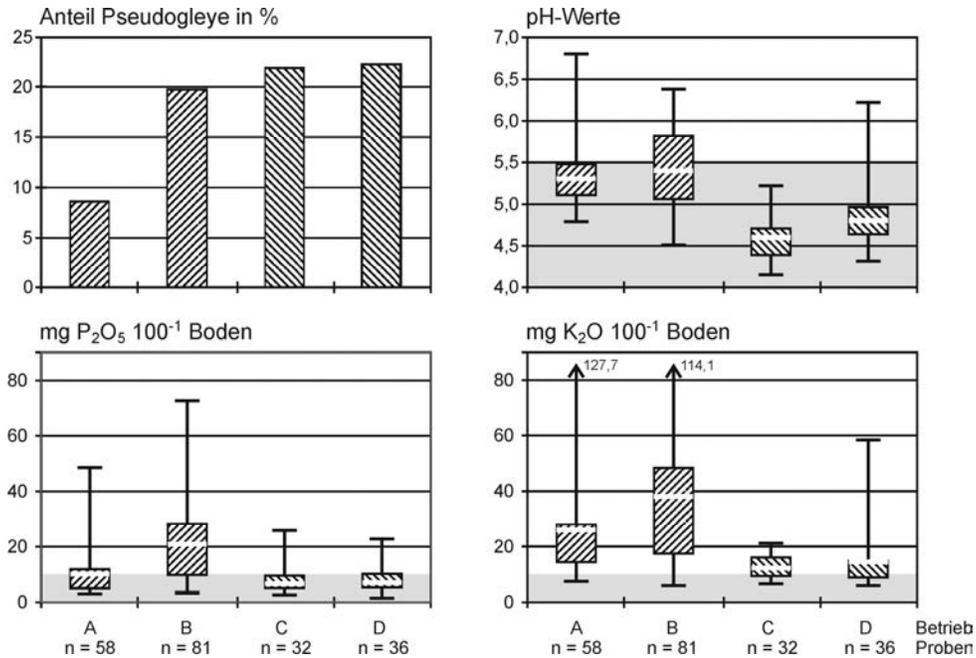


Abb. 1: Bodentypenverteilung und bodenchemische Werte der 207 Beprobungen

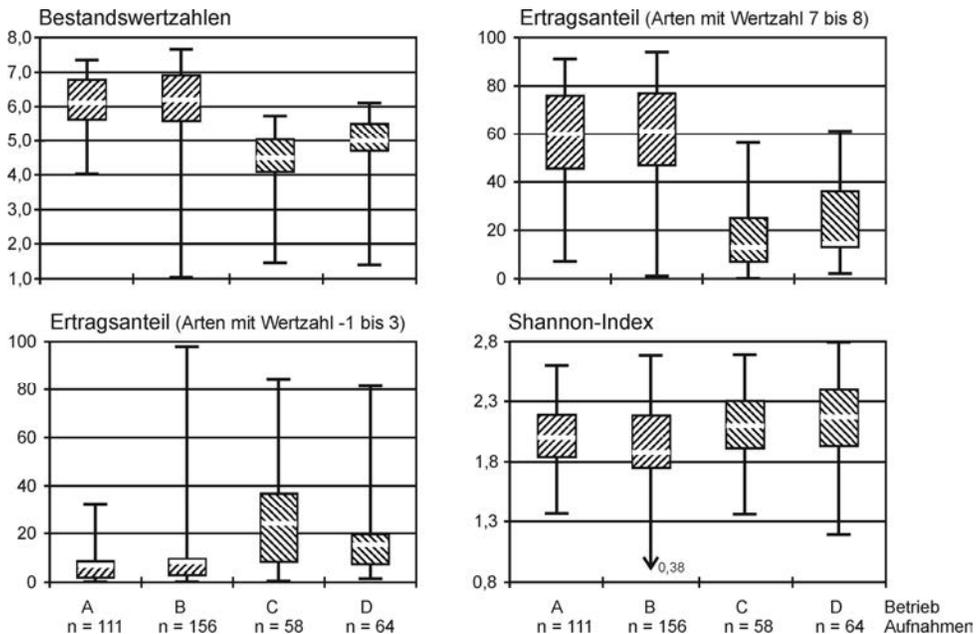


Abb. 2: Wertzahlen, wertzahlabhängige Ertragsanteile und floristische Diversität der 399 Vegetationsaufnahmen

Schlussfolgerungen

Die Validierung hat gezeigt, dass die professionell organisierte Ganzjahres-Außenhaltung mit Winterumtriebsweidenutzung unter den Aspekten Futterwert und floristische Diversität für Grenzertragsstandorte eine recht interessante Landnutzungsoption darstellt. N- und Verdichtungs-Zeigerarten sind zwar mit geringer Stetigkeit, jedoch punktuell (= Futterplätze, Liegebereiche) mit höheren Ertragsanteilen vorkommend; die Weideform Koppelweide gewährleistet offenbar allein die Kontrolle dieser Problemarten. Selbst langfristig betrachtet sind hier die Regulative Nachsaat und Herbizidanwendung nicht zwingend.

Literatur

- ANONYMUS, 1991: Methodenbuch 1. Die Untersuchung von Böden. 4.Aufl., Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- ELSEBACH, K., 2006: Winterweidesysteme mit Schafen und tierartübergreifende Effekte auf Ertragsanteile und Artenmuster verschiedener Narben. Diss. Gießen.
- KLAPP, E., 1929: Thüringsche Rhönhutungen. Wiss. Arch. Landw. Abt. A, Arch. Pflanzenbau 2, 704-786.
- HOFMANN, M., D. FUHGE & J. ISSELSTEIN, 2002: Effect of winter grazing on sward structure and seedling emergence of a grassland on a calcareous site. Grassl. Sci. Europe 7, 792-793.
- KÖNIG, H.-P., 2002: Stickstoffumsatz und N_{\min} -Anreicherung auf Grünland während des Winters bei ganzjähriger Außenhaltung von Fleischrindern. Diss. Göttingen.
- KRÄLING, M., 2005: Einfluss der Gerüstsubstanzen auf die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz differenziert bewirtschafteter Winterweiden. Diss. Gießen.
- LASER, H., 2005. Pflanzenbauliche Ansätze zur Selenversorgung von Mutterkühen und fleischrindern in Weidesystemen. Habil.-Schr. Gießen.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. & M. STERZENBACH, 2001: Specific problems of silage making in low-input conditions. Grassl. Sci. Europe 6, 129-132.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. & K. WÖHLER, 2002: Forage quality of low input winter pastures under varying conditions in central Germany. Grassl. Sci. Europe 7, 222-223.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., P.C. THEOBALD & H. LASER, 2003: Prediction of digestibility and energy concentration of winter pasture forage and herbage of low-input grassland – a comparison of methods. Arch. Anim. Nutr. 57, 167-176.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., M. STERZENBACH & H. LASER, 2005: Accumulations of N, P and K in soil in different systems of out door keeping during winter with cattle. Austrian J. Agric. Res. 56, 53-60.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. & K. BANZHAF, 2006: The effects of sward management on mineral content of winter grazed herbage. J. Agron. Crop Sci. 192, 1-9.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., G. SCHLIMBACH & D. SCHRÖDER, 2007: Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale. Z. Pflanzenbauwiss. 11, 20-27.
- WATT, T.A., J.R. TREWEEK & F.S. WOOLMER, 1996: An experimental study of the impact of seasonal sheep grazing on formerly fertilized grassland. J. Veg. Sci. 7, 535-542.
- WOLF, D. & W. OPITZ V. BOBERFELD, 2003: Effects of nitrogen fertilization and date of utilization on the quality and Yield of tall fescue in winter. J. Agron. Crop Sci. 189, 47-53.

Ein Konzept zur Steigerung der Weidefutteraufnahme von Milchkühen mit hoher Leistung!

H. Kohnen¹ und J. Schellberg²

¹ Lycée Technique Agricole Ettelbrück, L-9001 Ettelbruck,
Email: henri.kohnen@education.lu

² INRES, Professur Pflanzenbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn

Einleitung und Problemstellung

Der stetig sinkende Milchpreis macht Weidefutter besonders attraktiv weil es im Vergleich zu anderen Futtermitteln am wenigsten Kosten verursacht (Clark and Kanneganti, 1998; Conter G. 2006). Ein hoher Anteil an Weidefutter in der Ration ist aber mit sehr hoher Milchleistung nicht vereinbar, weil die Energiedichte in Weidefutter selten an die vom zugekauften Milchleistungsfutter (MLF) heran reicht (Bargo et al., 2003.). Als Folge davon ist bei steigendem Einsatz von Weidefutter stets mit sinkender Milchleistung zu rechnen (Meijs, 1986; Spörndly, 1991; Sayers, 1999). Andererseits können die geringen Produktionskosten mit Weidefutter den monetären Verlust sinkender Milchproduktion überkompensieren, und so die Weide ökonomisch konkurrenzfähig machen.

In Milchviehbetrieben sind sowohl die Weidefutteraufnahme als auch die daraus resultierende Milchleistung unsichere Produktionsfaktoren, ohne die eine Erfolgskontrolle der Umstellung auf höhere Anteile von Weidefutter nicht möglich ist. In der folgenden Studie sollte daher anhand einer Literaturrecherche und eines auf veröffentlichten experimentellen Daten beruhenden Rechenmodells geprüft werden, welcher Zusammenhang besteht zwischen Weideanteil, Milchleistungsfutter und Milchleistung im Weidebetrieb.

Material und Methoden

Vier typische Milchviehbetriebe in Luxemburg mit einer Herdengröße von 35 bis 55 hochleistenden Holstein Kühen und einer Milchleistung von 8000- 9000 kg Milch Kuh⁻¹ Jahr⁻¹ wurden für eine Pilotstudie ausgesucht. Auf allen Betrieben herrscht ganzjährige Abkalbung vor. Drei der vier Pilotbetriebe verfügen neben Grünland auch über Ackerfutter (Mais, Getreide). Die Futtrationen auf der Weide werden mit Gras- und/oder Maissilage und Kraftfutter ergänzt. Die Besatzstärke liegt zwischen 1,5 bis 3,5 Kühen ha⁻¹ Jahr⁻¹. Die durchschnittlichen Niederschläge in Höhe von 800- 1000 mm Jahr⁻¹ sind typisch für ein gemäßigtes maritimes mitteleuropäisches Klima.

Während der Weideperiode wurde täglich (1) die erzielte Milchmenge pro Herde, (2) die zugefütterten Futtermengen (Grundfutter und MLF), (3) die Zahl der gemolkenen Kühen sowie (4) die Flächen der beweideten Parzellen erfasst. Die

Weideaufnahme (IT_{Weide}) wurde errechnet, indem von der Gesamtfuttermenge (IT_{gesamt}) die Zufuttermenge (IT_{Zufutter}) abgezogen wurde:

$$IT_{\text{Weide}} = IT_{\text{gesamt}} - IT_{\text{Zufutter}} \quad (1)$$

IT_{gesamt} wurde errechnet nach der Formel von Chase and Sniffen (Chase and Sniffen: 1985):

$$IT_{\text{gesamt}} = 0,0185 \text{ LM} + 0,305 \text{ FCM} \quad (2)$$

mit IT_{gesamt} = Gesamtfuttermenge in kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹, LM = Lebendmasse in kg und FCM = Fett korrigierte Milch in kg Kuh⁻¹ Tag⁻¹. Zusätzlich wurde eine umfassende Literaturrecherche zum Effekt der Zufuttermenge auf die erzielte Milchleistung mit Weidegang durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Aus der Literaturrecherche wurden jene Experimente ausgewählt welche Weide mit substantiell verschiedenen Zufuttermengen und den jeweiligen erfassten Weideaufnahme und erzielte Milchleistung beinhalteten (Arriaga-Jordan and Holmes, 1986; Bargo et al., 2002; Berzaghi, 1996; Delaby, 1997; Delaby, 2001; Gibb, 2002; Dillon, 1997; Hoden, 1991; Kennedy, Dillon, 2003; Mathieu, 2001; O'Brien, 1996; O'Brien, 1999; Reis and Combs, 2000 ; Robaina et al., 1998 ; Rook, 1994; Sayers, 1999; Wales, 2001; Walker et al., 2001; Wilkins, 1994; Wilkins, 1995)

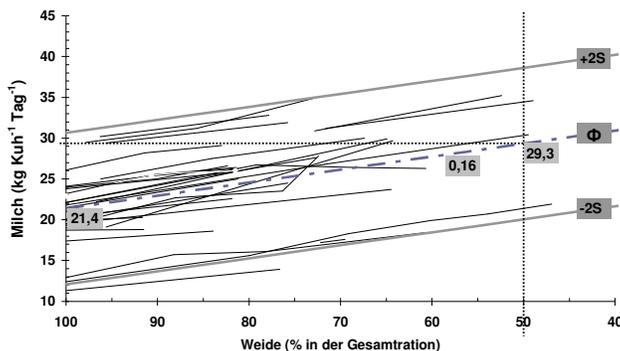


Abb. 1: Entwicklung der Milchleistung in Abhängigkeit zum Weideanteil der Ration: (1 Experiment pro Linie; Φ = Potenziallinie für durchschnittliche Leistung (100%Weide: 21,4 kg Milch; 50% Weide: 29,3 kg Milch; Koeffizient: 0,16); +2S = Potenziallinie für maximale Leistung (durchschnittliche Potenziallinie + 2 Standardabweichungen); -2S = Potenziallinie für minimale Leistung (durchschnittliche Potenziallinie - 2 Standardabweichungen).

Die Änderung der Milchleistung in Abhängigkeit vom Anteil Weidefutter in der Ration in Abbildung 1 folgt nach Gleichung:

$$y = a + bx \quad (3)$$

mit y = tägliche Milchleistung, x = Weideanteil in der Ration, a = Konstante für eine bestimmte Herde auf einer bestimmten Weide; $b = 0,16$, Koeffizient der Milchsteigerung). Die Konstante „a“ für eine bestimmte Herde auf einer bestimmten Weide wird beeinflusst durch Weidemerkmale (z.B. Futterqualität,

Menge des angebotenen Futters) sowie durch Tiermerkmale (Genetik, Tage der Laktation). Die Steigung „b“ wird weder von der Höhe der Milchleistung, der Menge des Zufutters oder dessen Zusammensetzung beeinflusst.

Die Umrechnung des Weideanteils in Zufuttermenge erlaubt die Aussage, dass 1 kg Zufutter (kg TM Kuh⁻¹Tag⁻¹) eine zusätzliche Steigerung der täglichen Milchleistung um 0,8 kg Kuh⁻¹Tag⁻¹ erbringt.

Aus den Formeln (1) und (2), welche benutzt wurden zum Errechnen der Weideaufnahme, können Linien für definierte Zufuttermengen und der entsprechenden Weideaufnahme Linien errechnet und in einem Diagramm eingezeichnet werden (Abb. 2), wobei y der täglichen Milchleistung und x dem Weideanteil in der Ration (%TM) entsprechen.

$$y = \frac{IT_{\text{Zufutter}} * 100}{(100 - x) * 0.305} - \frac{0.0185 * LM}{0.305} \quad (4)$$

$$y = \frac{IT_{\text{weide}} * 100}{0.305x} - \frac{0.0185 * LM}{0.305} \quad (5)$$

Diese Linien ermöglichen es nun, die Weideaufnahme zu schätzen wenn Milchleistung und Zufuttermenge einer Herde bekannt sind, also an den Intersektionen der Linien für Zufutter und Weideaufnahme mit der Linie für erzielte Milchleistung. Der Schnittpunkt dieser Linien ergibt eine Position (P) im Diagramm. Dieser Punkt ermöglicht des Weiteren eine Bewertung der erzielten Milchleistung bei Weidegang. Eine Position (a) zwischen den beiden Linien für durchschnittliches und maximales Milchpotential ist anzustreben. Jedoch ist eine Position (b) oberhalb der maximalen Potenziallinie über eine längere Weideperiode nicht realisierbar. Im Gegenzug kann die Position (c) unterhalb der durchschnittlichen Potenziallinie durch die Weidefutteraufnahme gesteigert werden.

Die Übertragung der täglichen Entwicklung von Milchleistung und Weideaufnahme der FILL- Pilotbetriebe (Tab. 1) ist in Abb. 2 gezeigt. Trotz einer deutlichen Steigerung der Weidefutteraufnahme konnte die zu erwartende negative Entwicklung der erzielten Milchleistung in einer ersten Phase 2004 nicht festgestellt werden. Erst die weitere Reduktion der Zufuttermengen 2006/ 2007 reduzierte die Milchleistung.

Tab. 1: Evolution der durchschnittlich erzielten Milchleistung (M: kg Milch Kuh⁻¹ Tag⁻¹) und der Weideaufnahme (%W: Weideanteil in der Ration, % TM der Gesamtration)

Betrieb	A		B		C		D	
	M	%W	M	%W	M	%W	M	%W
2003	22,8	67,7	23,1	50,7	24,9	56,4	27,5	29,4
2004	23,3	62,0	30,2	67,4	25,7	84,3	28,9	54,9
2005	20,4	63,6	27,3	65,9	23,7	84,0	28,2	51,8
2006	17,7	57,2	26,4	64,1	24,7	81,1	24,4	66,8
2007	20,6	46,0	26,3	60,7	24,6	75,6	25,7	70,1

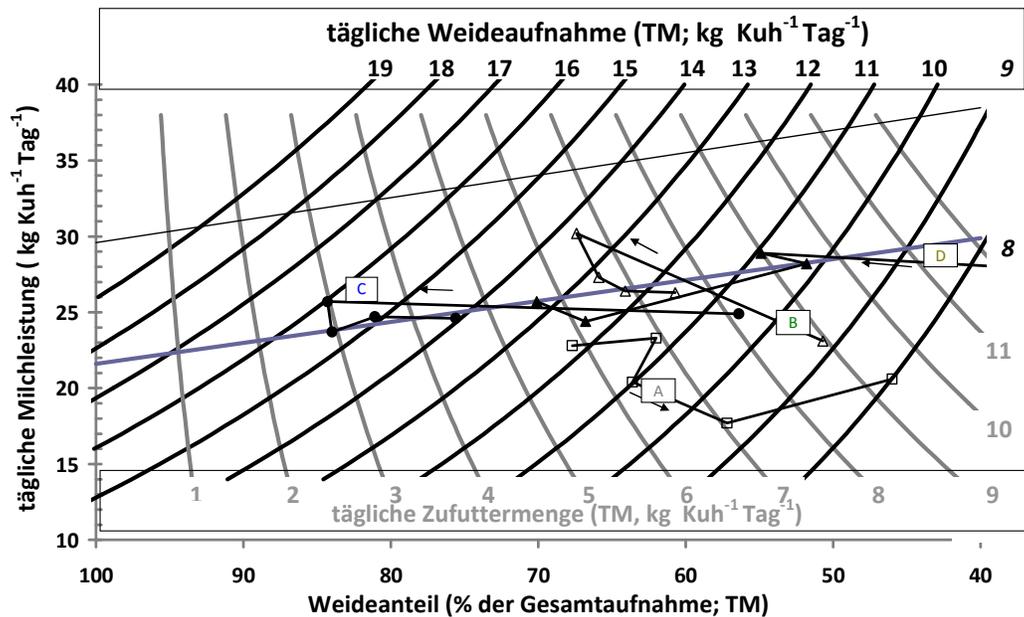


Abb. 2: Entwicklung der Milchleistung in Abhängigkeit zum Weideanteil in der Ration (2003- 2007) für die 4 FILL- Pilotbetriebe (A, B, C, D).

Diese Resultate der Pilotbetriebe verdeutlichen, dass eine Reduktion der Zufuttermenge zuerst keinen Rückgang der Milchleistung bewirkt und also die Positionen der Herden sich auf einer waagerechten Linie nach links oberhalb der durchschnittlichen Potenziallinie bewegen. Erst wenn sie ihre Potenziallinien erreicht haben, werden sie sich parallel zu diesen Potenziallinien entwickeln.

Schlussfolgerungen

Der Weideschieber entsteht aus der Überlagerung zweier Diagramme, (a) Darstellung der einfachen Rechenformel zum Feststellen der Weideaufnahme und (b) Potenziallinien erarbeitet aus der Literaturrecherche. Er ermöglicht (1) die Feststellung der Weideaufnahme wenn erzielte Milchleistung und Zufuttermenge bekannt sind, (2) eine Bewertung der Weideaufnahme und erzielte Milchleistung und schließlich (3) die Vorhersage der erzielten Milchleistung für den Fall dass eine Reduktion der Zufuttermenge ratsam erscheint um die Weidefuturaufnahme zu steigern. Diese Fähigkeiten sollten Milchproduzenten und Beratern in die Lage versetzen, die erzielte Milchleistung und Weidefuturaufnahme zu optimieren und die Vorteile der Weidehaltung (Ökonomie, Tiergesundheit, Umwelt) zu nutzen. Eine Anwendung dürfte speziell in weidebetonten Gegenden von großem Nutzen sein wo - ähnlich wie in Luxemburg - die Intensivierung der Milchproduktion zur Aufgabe der Weidenutzung und zur Verlagerung der Milchproduktion in den Stall geführt hat.

Literatur

Die Literatur zu diesem Beitrag ist auf folgender Website abgelegt www.fill.lu und kann zugleich über die Email-Adresse des Erstautors abgerufen werden.

Effects of grassland management and stocking rate on plant dry matter production and mineral content in Inner Mongolia steppe, China

X.Y Gong¹, P. Schönbach¹, M. Gierus¹, S. Lin², K. Dittert³, F. Taube¹

¹ Institute of Crop Science and Plant Breeding - Grass and Forage Science/ Organic Agriculture, Hermann-Rodewald-Strasse 9, D-24118 Kiel, Germany;
Email: pschoenbach@email.uni-kiel.de

² Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing, 100094, P. R. China

³ Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Christian-Albrechts-University, Hermann-Rodewald-Str. 2, D-24118, Kiel, Germany

Introduction

Xilingole grassland is a typical semiarid steppe in northern China, which plays an important role on ecological sustainability and social economics. Due to the increasing grazing pressure and irrational land use, the fragmentation and degradation of this environment has rapidly advanced in the recent decay (Tong et al., 2004). In a large area of Inner Mongolia, overgrazing has already led to a sharp decrease grassland primary productivity (Liu et al., 1998; Bai et al., 2004; Zhong et al., 2005) and severe losses of soil nutrients (Liu et al., 1998). In the Inner Mongolian steppe, cases of nutrient element deficiency were found (Yu, 1995). Cu content of pasture in eastern Inner Mongolia was found to range from marginal to deficient (Wu, 1986). Some experiments also proved that more than 80% of plants in Inner Mongolia steppe were deficient in S (Wang et al. 2001).

Considering the severe problems of degradation and nutrient deficiency in Inner Mongolia, a grazing experiment was carried out, which aimed at investigating the dry matter yield and nutrient element content of steppe vegetation as influenced by grassland management and stocking rate.

Material and methods

A grazing experiment with two grazing systems (mix and traditional systems) and seven stocking rate (0, 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5, 9 sheep/ha) was initiated in 2005. The experiment was a split-block design with two replicates. Each system included grazing area and haymaking area, which represented the main local grassland management. In the mix system (MS) annual shift between grazing and hay making plots was carried out, whereas the traditional system (TS) indicates permanent land use as haymaking and grazing areas without shift. Plant samples were collected at beginning of July 2006 by cutting plant at soil surface within a 0.5×1 m quadrat. Plant material was separated into litter and above-ground standing biomass (ASB), a subsample of ASB was sorted into green biomass and standing dead material. Afterwards all plant material was oven-

dried and weighted. Samples of ASB was milled and digested with HNO₃, then afterward analyzed by ICP for nutrient element concentration, including P, S, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, and Na. Analysis of variance was performed by using the general linear model of SPSS 11.5.

Results and discussion

Based on comparing the ASB of sampling 2006 (Fig. 1), ASB significantly decreased along the grazing intensities from 194 g/m² to 38 g/m² ($p < 0.001$), whereas grazing system has no effect on ASB ($p = 0.35$). Considering the proportion of standing dead material, the relative aboveground green biomass (RAGB) was calculated as the percentage of aboveground green biomass relative to ASB. RAGB was significantly increased by grazing rate ($p < 0.01$), grazing system has no effect on RAGB ($p = 0.11$).

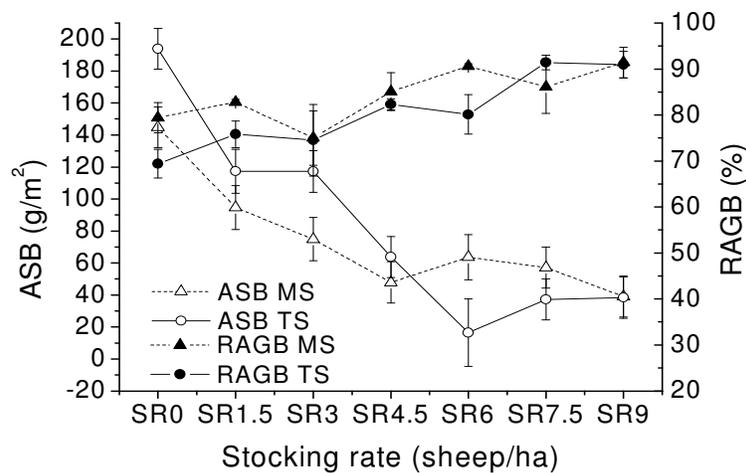


Figure 1: Plant aboveground standing biomass (ASB) and relative aboveground green biomass (RAGB) as influenced by grazing systems and stocking rates.

As shown in Table 1, the highest concentration of nutrient element in shoot of plant is K, followed by $Ca \geq P \geq Mg \geq S \geq Fe \geq Na \geq Mn \geq Zn \geq Cu$. Compared with the critical level for growth of perennial ryegrass (Whitehead, 2000), Ca, Fe, Zn content were quite high, which will not lead to nutrient deficiency. Mg, Mn, and Cu content were in a moderate level, nutrient deficiency may occur in some plots. P, S, and K content were in a quite low level, which will not fulfill the need of plant growth. Compared with the critical level of sheep (Underwood *et al*, 1999), K, Fe, and Mn were in a high level, which should be sufficient for sheep of all ages. P, Mg, Ca, S and Zn were in a moderate level, which may cause nutrient deficiency for certain age of sheep. Cu and Na content were extremely lower than the critical level.

Table 1: Plant nutrient element content under treatments of grazing systems and stocking rates (Level 1 means critical level for perennial ryegrass, Level 2 means critical level for sheep with different ages)

		P	S	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
		mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/g
MS	SR0	1.1	0.91	9.7	1.2	4.9	0.45	22	20	4.7	0.17
	SR1.5	1.3	0.94	11	1.2	5.0	0.63	26	23	4.7	0.21
	SR3	1.2	0.89	9.2	1.2	5.6	0.57	23	23	5.4	0.21
	SR4.5	1.3	1.1	9.0	1.4	6.3	1.0	38	26	7.4	0.22
	SR6	1.3	1.1	11	1.9	5.8	0.72	30	26	6.1	0.27
	SR7.5	1.2	0.97	8.7	1.2	5.1	1.3	32	20	5.5	0.30
	SR9	1.5	1.2	10	1.7	5.7	0.73	29	23	5.8	0.30
TS	SR0	1.1	0.94	8.0	1.0	4.7	0.56	17	17	3.7	0.21
	SR1.5	1.3	0.88	9.6	1.1	4.8	0.56	22	17	3.1	0.31
	SR3	1.1	0.81	6.0	0.97	4.2	0.74	23	17	2.9	0.17
	SR4.5	1.3	0.87	8.2	1.0	4.4	0.67	26	19	3.2	0.14
	SR6	1.4	0.92	9.4	1.1	4.7	0.55	24	21	7.2	0.22
	SR7.5	1.8	1.1	11	1.5	5.4	0.87	39	29	5.9	0.30
	SR9	1.6	1.1	11	1.5	5.2	0.83	37	26	6.5	0.30
Level 1		2.8-3.0	1.8-2.5	18-20	0.6-1.3	1.0-3.0	0.05	20	10-14	4.0	-
Level 2		1.0-3.9	1.0-1.5	3	0.7-1.4	1.4-7.0	0.025-0.040	13-16	9.0-27	9.0-14	0.6-1.3

Grazing system and stocking rate affect the concentration of some elements. S content of plant was higher in mix system than in traditional system ($p < 0.05$), and it increased along stocking rate ($p < 0.05$). Grazing system has significant effect on plant Ca ($p < 0.05$) and Zn ($p < 0.05$) content, it shows that mix system have higher Ca and Zn content. For the other elements, a slight trend of increasing along stocking rates was found, but no significant effect of grazing system and stocking rate was detected.

Plant element yield was calculated by multiplying element concentration and ASB, the highest yield element is K (2 g/ m^2), followed by Ca (0.89 g/ m^2) \geq P (227 mg/ m^2) \geq Mg (226 mg/ m^2) \geq S (169 mg/ m^2) \geq Fe (128 mg/ m^2) \geq Na (40.7 mg/ m^2) \geq Mn (4.84 mg/ m^2) \geq Zn (3.83 mg/ m^2) \geq Cu (0.89 mg/ m^2) No significant effect of grazing system and stocking rate was found for all elements. It is mainly due to the buffering effect deriving from the decreasing of ASB and increasing of element concentration while grazing intensity increasing.

Since grazing was commonly considered to have effect of declining ASB and reducing standing dead biomass, and there is distinctively difference between nutrient content of green biomass and that of necrotic material, significant correlations were detected between plant dry matter production and nutrient content. The content of all elements negatively correlated to ASB (with the exception of Na), and positively correlated to the RAGB (table 2). Thus we conclude that the

grazing effect on nutrient element content is mainly driven by changing of green biomass percentage under grazing.

Table 2: correlation analysis between element concentration and ASB and RAGB (* and ** mean correlation was significant at level of 0.05, 0.01, respectively).

		P	S	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
ASB	r	-0.70	-0.75	-0.53	-0.66	-0.60	-0.47	-0.68	-0.76	-0.64	-0.34
	Sig.	**	**	**	**	**	*	**	**	**	ns
RAGB	r	0.67	0.73	0.53	0.65	0.55	0.53	0.59	0.60	0.41	0.47
	Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*

Conclusion

Plant P, S, and K content were lower than the critical level for plant growth, and Cu, and Na content was extremely lower than the critical level of sheep requirement. After two years grazing, grazing treatments significantly influenced plant dry matter production, but distinctive effect on element content and yield wasn't detected.

Literature

- BAI, Y., HAN X., WU J., CHEN Z., LI L. (2004): Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland. *Nature* 431: 181-184.
- LIU Z., WANG W., LIANG C., HAO D. (1998). The regressive succession pattern and its diagnostic of Inner Mongolia steppe in sustained and super-strong grazing. *Acta Agrestia Sinica* 6: 244-251.
- TONG, C., WU, J., YONG, S., YANG, J., YONG, W. (2004): A landscape-scale assessment of steppe degradation in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environment* 59, 133-149.
- UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N., F. (1999): The mineral nutrition of livestock 3rd edition. *CABI*, New York.
- WANG, S., WANG, Y., CHEN, Z., SCHNUG, E., HANEKLAUS, S. (2001): Sulphur concentration of soils and plants and its requirement for ruminants in the Inner Mongolia steppe of China. *Grass and Forage Science* 56, 418-422.
- WHITEHEAD, D., C. (2000): Nutrient elements in grassland-soil plant animal relationships. *CABI*, New York
- WU, L. (1986): Study on determination of copper content of pasture, feedstuffs and tissues of sheep and experiment of copper supplement to sheep. *Dissertation*. Inner Mongolia College of Agriculture and Animal Sciences.
- YU, S. (1995): Review of mineral research in grazing sheep in China. www.aciar.gov.au.
- ZHONG S., LI Y., CUI J., ZHAO W. (2005): Influence of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena* 59: 267-278.

Effects of grazing strategies and stocking rate on reproduction and abundance of three bunch grasses in typical steppe of Inner-Mongolia, China

H. Wan¹, P. Schönbach¹, M. Gierus¹, Y. Bai², F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel; E-mail: Hwan@email.uni-kiel.de

²Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

Introduction

Typical steppe is widely distributed in Inner-Mongolia. Most of this natural resource is used as pastures for livestock, such as sheep, goat, cattle, horse, and camel. Whereas due to livestock population increasing and unreasonable utilization, large area of grassland is degraded, and accompanied by a series of severe ecological and environmental problems such as decreased grassland productivity, soil erosion and sandstorm. So, finding a better way of pasture management, sustainable using of these natural resources is a pressing issue, which need to be faced and solved. According to previous studies on grazing ecology (Teague & Dowhower, 2003), we hypothesize that grazing and hay-making mixed management system under reasonable stocking rate can help to solve this problem. In order to compare the differences of traditional and mixed management systems and define the optimum grazing range, a field grazing experiment was established in 2005, including two types of rangeland management ways (traditional and mixed), two utilization types (hay making and grazing), and 6 stocking rates (ranging from 1.5 to 9 sheep/ha, i.e. very light to very heavy grazing intensity). Here we present the results from the field investigation which was conducted in 2007. The major focus is on the effects of grazing strategies and stocking rate on reproductive tiller ratio and species frequency of the following three abundant bunch grasses: *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum* and *Stipa grandis*.

Materials and Methods

The grazing experiment is located in the Xilin-River Basin, Inner-Mongolia Autonomous Region, China (116°42'E, 43°38'N, 1100 m a.s.l.). In 2005, an area of about 120 ha was fenced and divided into 56 small paddocks to carry out our grazing experimental design. It includes two utilization ways (hay-making and grazing); two grazing management systems (traditional and mixed), traditional system means continuing grazing and hay-making at fixed paddocks, mixed system means we interchange hay-making and grazing of each paddock yearly; two block (flat and slope) and 7 grazing intensities (0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 sheep/ha). Proportion of reproductive tillers (RT_t) of *S. grandis*, *C.*

squarrosa and *A. cristatum* were measured once in middle of August, at 4 grazing intensities (0, 1.5, 4.5, 7.5 sheep/ha, which we selected to stand for no, light, medium and heavy grazing treatment separately) of both management systems and both utilization ways. In each paddock, 30 randomly chosen bunches of each species were counted, we recorded the number of vegetative tillers and reproductive tillers for each bunch, for reproductive tillers we make records for both intact reproductive tillers and grazed reproductive tillers. RT_t is calculated on tiller basis, and it is equal to the sum of proportion of intact reproductive tillers (RT_i) and proportion of grazed reproductive tillers (RT_g , means the reproductive tillers which were partially grazed by sheep). Frequency of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* were investigated right after we finished the reproductive tillers' ratio measurement, in the same paddocks with point cycle method. 50 random points were chosen in each paddock, and in each point all species which present in the cycle with radius of 5 cm around the point were recorded. Frequency of each species was equal to total amount individuals of target species in 50 observed points divided by the total amount individuals of all species presented in 50 observed points. Mixed model was used to analyze the system and intensity effects, least square means were used to draw figures.

Results and discussion

Seed production plays an important role in recruitment of new generations, particularly for species which have limited vegetative reproduction ability. Therefore, disturbances which influence the seed production of these species will have strong effects on their population, and finally influence the whole community structure. *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* are three widely distributed perennial bunch grasses in typical steppe, and seedling recruitment is the only way for their population expansion. Here we present the results of grazing and utilization strategies effects on percentage of reproductive tillers of these 3 species, after three years running of field grazing trial. And, in order to test the correlations between species' seed production and their population sizes, we show the effects of grazing and management on frequencies of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* as well.

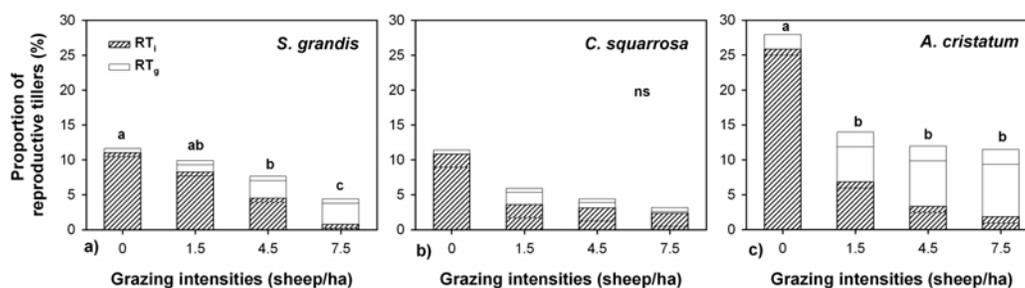


Fig. 1: Effects of stocking rate on proportion of reproductive tillers of *S. grandis* (a), *C. squarrosa* (b) and *A. cristatum* (c). Bars with different letters mean significant differences ($P < 0.05$) of RT_t (sum of RT_i and RT_g), ns means not statistically significant.

Stocking rate had strong influence on proportion of reproductive tillers (RT_t) of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* (Fig.1). Compared to ungraze plot (0

sheep/ha), RT_t of heavy grazing decreased by 67%, 92% and 69% for *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* respectively. We also found that the percentage of intact reproductive tillers (RT_t), which seeds could achieve maturity, was much less compared to ungrazed plot, because a large part of reproductive tillers were selectively grazed by sheep, particularly for *A. cristatum* (Fig.1).

Management system effects were not so strong (Fig. 2). We observed that in traditional system, RT_t of *S. grandis* and *C. squarrosa* tended to be higher, and RT_t of *A. cristatum* tended to be lower (Fig. 2). The RT_t were consistently higher in hay-making plots, ranging from 2% to 10% for all three investigated species in both management systems. This data suggests that in mixed system, during the hay-making year the plots have chance to get more seed production.

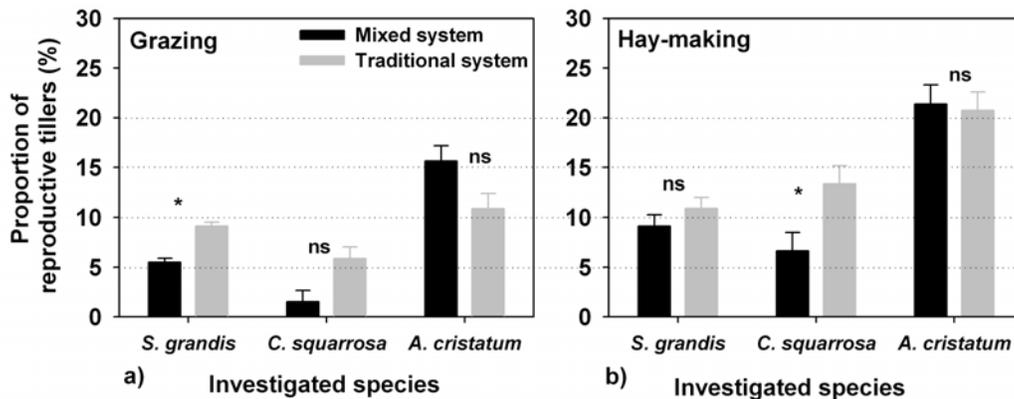


Fig. 2: Effects of grazing management system and utilization way on RT_t of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum*. ns means not significant of the paired bars, * means significant difference between the paired bars ($P < 0.05$).

Stocking rate had no strong effects on frequency of three observed species, and it was relative stable after 3 years of experiment establishment (Fig. 3). The frequency was about 15%, 20% and 7% (In grazing system), and 17%, 23% and 8% (In hay-making system) for *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* respectively.

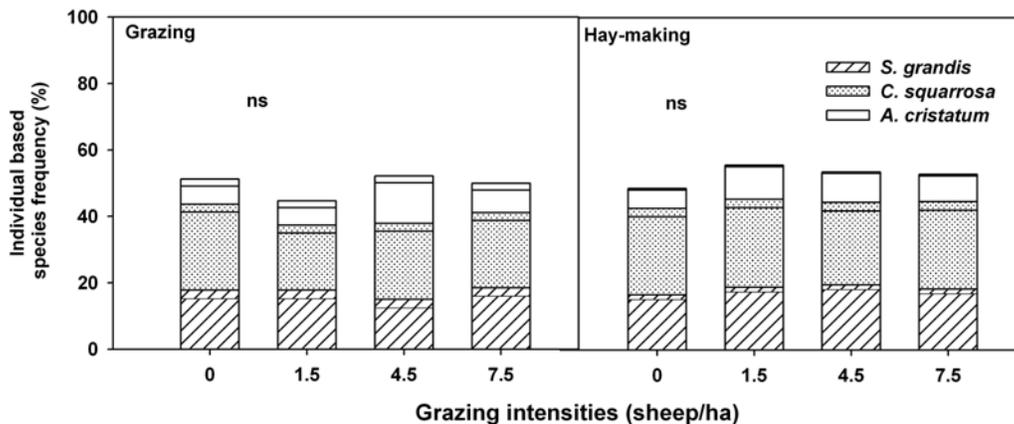


Fig. 3: Effects of stocking rate on individual based species frequency of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum*.

Mixed system had higher frequency of *C. squarrosa* and *A. cristatum*, and lower frequency of *S. grandis*, particularly in hay-making plots (Fig. 4). These differences might attribute to pre-experimental effects, since the areas of the two management systems were managed by two farmers. We also could see that frequency of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* was slightly higher (1% to 3%) in hay-making plots compared to grazing paddocks (Fig. 4).

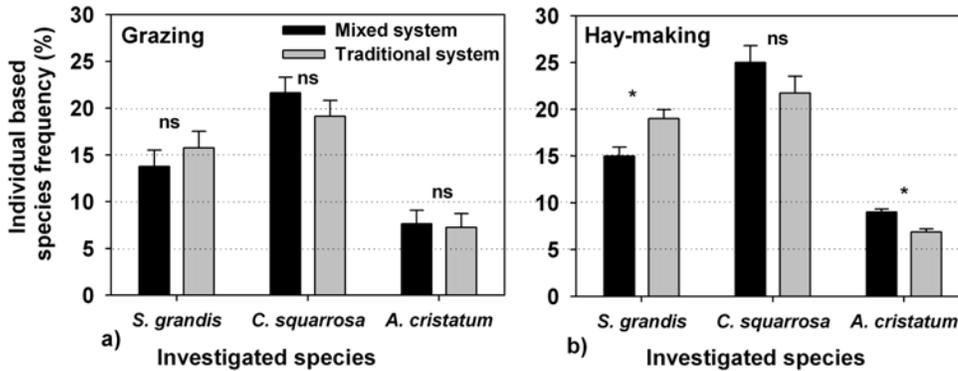


Fig. 4: Effects of management system and utilization way on frequency of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum*.

Combining the two parts of results we found that frequency of *S. grandis*, *C. squarrosa* and *A. cristatum* didn't show the same trends along the grazing intensities as proportion of reproductive tillers (Fig. 1 and Fig. 3). The population of these 3 perennial bunch grasses was relative stable, and it reflected that the community is resistant to short term stocking rate changes. Species frequency and RT_t under different management systems didn't show the same trends as well (Fig. 2 and Fig. 4). Whereas frequency and RT_t of the 3 investigated species showed the same trends under different utilization ways (Grazing and Hay-making). Although frequency of those species increased only about 1-3% in hay-making plots (Fig. 2 and Fig. 4), we think that long term running of the experiment will make changes in species frequency more clear.

Conclusions

After 3 years running of field grazing experiment, we found that stocking rate and utilization ways have strong effects on reproductive tillers, and these changes may have strong influence on soil seed bank, and finally impact population size of these species and the community structure. Stocking rate had no strong effects on species frequency as what we have observed for species reproductive tillers in the short term. It reflects that the population has ability to resist short term grazing disturbance. A long term running of the grazing experiment is necessary for detecting grazing effects on plant population and community structure, which will help us to understand the mechanics of steppe degradation processes.

Literature

TEAGUE, W.R. & DOWHOWER, S.L. (2003): Patch dynamics under rotational and continuous grazing management in large, heterogeneous paddocks. *Journal of Arid Environments* 53, 211-229.

Effect of Genotype and ploidy levels on the digestibility and fibre fractions of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)

H. Salama, M. Lösche, A. Hermann, M. Gierus, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, D-24118 Kiel; Email: salama@email.uni-kiel.de

Introduction

In temperate environments, perennial ryegrass is the most widely used species in grassland because of its high palatability, digestibility and persistence. For a more sophisticated evaluation of forage quality, parameters should be considered, which allow a better assessment of the carbohydrate degradation processes in the rumen. The main target of the current project is to screen systematically a set of perennial ryegrass genotypes in terms of its yielding potential, as well as a process-oriented assessment of their carbohydrate contents in order to quantify the impact of genotype and ploidy level. In this paper, results of the first growing season regarding fiber fractions, digestible organic matter (DOM), and metabolizable energy (ME) content are presented and discussed.

Materials and methods

Two field trials were conducted at three sites in northern Germany during the growing season of 2006. In the first trial, 20 diploid intermediate heading genotypes were screened in a Randomized Complete Block Design with three replicates in a 4-cut system. A Lattice Design was used in the second trial to evaluate 25 genotypes under two cutting regimes A and B. These 25 genotypes (20 *Lolium perenne*, 3 *L. multiflorum*, and 2 *Festuca pratense*) belonged to 9 ploidy families, each consisting of one diploid (2n) genotype and the tetraploid (4n) near isogenic line(s) derived from it. The *L. multiflorum* and *F. pratense* genotypes were mainly used for the purpose of comparison. Cutting regime A was applied at ear emergence of the earliest genotype, with a cutting interval of 5 weeks. Cutting regime B began 2 weeks later than regime A with an interval of 6-7 weeks. Forage quality was estimated by NIRS, based on the following wet chemical analysis: Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (ADF) using the semiautomatic ANKOM apparatus (Van Soest *et al.*, 1991). DOM (g kg^{-1} DM) and ME (MJ kg^{-1} DM) were calculated according to Weißbach *et al.* (1999) based on the cellulase method (De Boever *et al.*, 1988). Data were statistically analyzed using the mixed procedure of SAS, with the least significant difference procedure for mean comparison, and probabilities being adjusted by Tukey test (main effects) and Bonferroni-Holm test (interactions).

Results and Discussion

Trial 1: NDF, ADF, ME values varied significantly among the 20 tested genotypes and also among the 3 sites in both the 1st cut and the annual average. The DOM showed significant variations among the 20 genotypes in the 1st cut, the annual average and among the 3 sites only in the 1st cut. A significant difference of about 63 and 44 g NDF kg⁻¹ DM was obtained between the highest and lowest values from the 1st cut and annual average, respectively. Similarly, a difference of 51 and 38 g ADF kg⁻¹ DM, 68 and 33 g DOM kg⁻¹ DM, 0.98 and 0.58 MJ ME kg⁻¹ were achieved from the 1st cut and the annual average, respectively.

Trial 2: Analysis of variance (Table 1) revealed significant main effects of the sites, genotypes and cutting regimes on the studied quality parameters in the 1st cut, while the 3-way interaction didn't show any significant effect. However, the 3-way interaction exerted a significant influence on all the four quality parameters in the annual average.

Table 1: Analysis of variance for 1st cut and annual averages (A.A.) for NDF, ADF, DOM and ME for the genotypes in the three sites under the two cutting regimes.

Effect	D.F	Pr>F							
		NDF		ADF		DOM		ME	
		1 st cut	A.A.						
Site (S)	2	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Cutting Regime (R)	1	0.9324	<.0001	0.0321	0.0150	0.0018	<.0001	<.0001	<.0001
S*R	2	0.0847	<.0001	0.2446	0.0002	0.0132	<.0001	0.0004	<.0001
Genotype (G)	24	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002
S*G	48	0.0023*	0.0016	<.0001	<.0001	<.0001	0.0053	0.2153	0.0106
R*G	24	0.1130	<.0001	0.0508	<.0001	0.1965	0.0002	0.7208	<.0001
S*R*G	48	0.3265	0.0007	0.5035	0.021	0.5142	<.0001	0.9972	0.0001

* non significant after applying Bonferroni-Holm test

Since the main target of trial 2 is to highlight the impact of ploidy level, only the significant interactions including genotypes will be clarified and discussed. Figure 1 points out the significant differences between 2n and 4n in the 1st cut. The 2n genotypes in families A, E and I gave significantly higher values than their 4n derivatives with regard to NDF and ADF. The situation was totally reversed in case of DOM, where the 4n of the families A, E and F showed higher values than the 2n of the same families. The trend was not clear in the amount of ME produced, the 4n of family D were better than the 2n of the same family, while the 2n of family H produced higher amount of ME than the 4n. Concerning the annual average, the significant influence of the 3-way interaction was clear only in few ploidy families. In NDF the 2n genotypes of families E, F and I were higher than their 4n derivatives. The same trend was observed in family I for the ADF (Fig.2.a). For DOM, a significant interaction was observed only in two ploidy families, where in family A the highest values were in favour of the 4n genotype; on the contrary, in family F the 2n genotype showed higher DOM (Fig.2.b). In families E and F the 2n genotypes gave higher values than the 4n ones in the amount of ME produced, while the situation was reversed in the Family A (Fig.2.c).

Several studies reported a slight superiority of the 4n genotypes when compared to the 2n genotypes with respect to the DOM and the different quality aspects (Gilliland *et al.*, 2002; Boller, 1999). In contrast, Nekrosas (2002) observed no significant differences between both 4n and 2n genotypes. However, the unclear trend of 2n and 4n observed in this study may be attributed to the genetic makeup of the near isogenic lines incorporated in the study, as the effect of ploidy on quality parameters is dependent on the genetic background of the genotypes (Smith *et al.*, 2001).

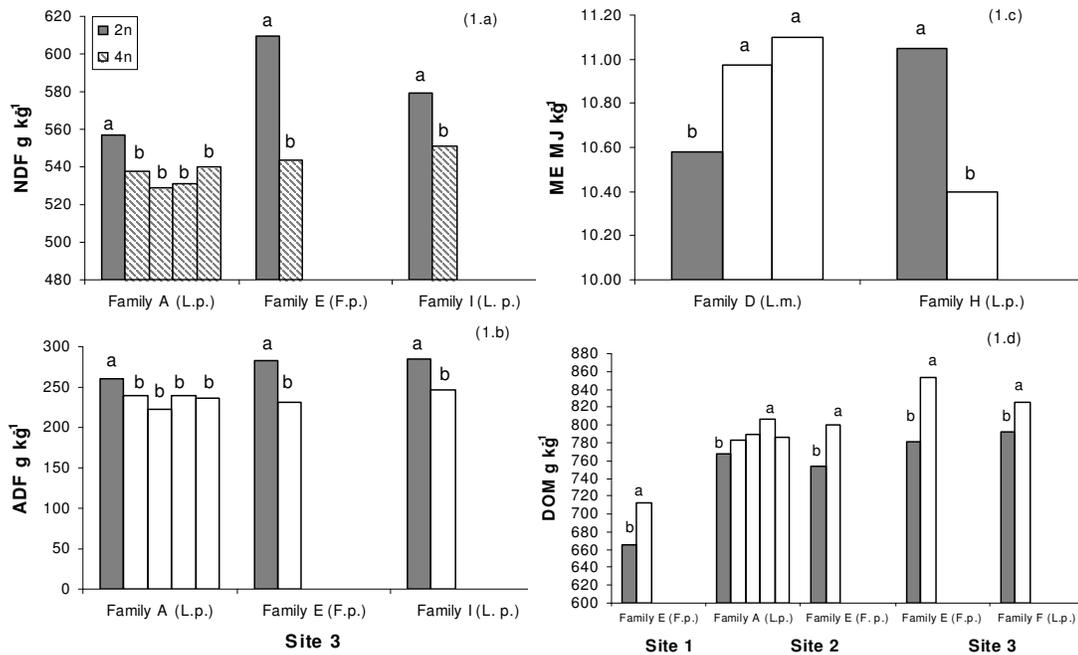


Fig.1: Differences in 1st cut NDF g kg⁻¹ DM (1.a), ME MJ kg⁻¹ (1.b), ADF g kg⁻¹ DM (1.c) and DOM g kg⁻¹ DM (1.d) between diploids and tetraploids within the same ploidy family.

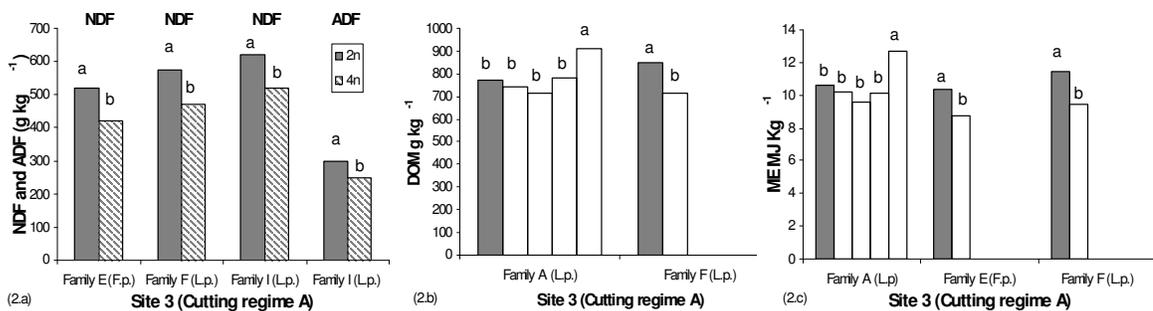


Fig 2: Differences in annual NDF, ADF g kg⁻¹ DM (2.a), DOM g kg⁻¹ DM (2.b) and ME MJ kg⁻¹ (2.c) between diploids and tetraploids within the same ploidy family as affected by the three way interaction.

Conclusion

Results obtained from this investigation indicated relevant differences in the tested quality parameters within the intermediate heading genotypes. With respect to ploidy level, an unclear trend of superiority is observed between the 2n and 4n genotypes, which maybe attributed to the genetic makeup of the near isogenic lines. This does not allow to draw any final conclusion. More attention should be paid to the genetic constitution of the genotypes under comparison. Work will be completed by investigating further quality parameters, and the same will be done for the second experimental year.

References

- BOLLER B. (1999). New Swiss cultivars of perennial ryegrass. *Agrarforschung* 6,397-400
- DE BOEVER J. L., COTTYN B. G., ANDRIES J. I., BUYASSE F. X. AND VANACKER J. M. (1988). The use of cellulose technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. *Animal Feed Science and Technology* 19, 247-260.
- GILLILAND T. J., BARRETT P. D., MANN R. L., AGNEW R. E. AND FEARON A. M. (2002) Canopy morphology and nutritional quality traits as potential grazing value indicators for *Lolium perenne* varieties. *Journal of Agricultural Science* 139,257-273.
- NEKROASAS S. (2002) Investigation of breeding numbers and varieties of diploid and tetraploid perennial ryegrass. *Zemes-ukio-mokslai* 2, 35-40.
- SMITH K. F., SIMPSON R. J., CULVENOR R. A., HUMPHREYS M. O., PRUD'HOMME M. P. AND ORAM R. N. (2001) The effect of ploidy and a phenotype conferring a high water-soluble carbohydrate concentration on carbohydrate accumulation, nutritive value and morphology of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Agricultural Science* 136, 65-74.
- VAN SOEST P. J., ROBERTSON J. B., LEWIS B. A. (1991) Methods of dietary fibre, neutral detergent fibre, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74,3583-3597.
- WEIBBACH F., KUHLA S., SCHMIDT L. AND HENKELS A. (1999) Estimation of the digestibility and the metabolizable energy of grass and grass products. *Proceedings of the Society of the Nutritional Physiology*. 8, 72.

Einfluss der Applikation eines selenhaltigen Kalkgranulates auf die Selen-Konzentrationen in Weideaufwüchsen und die Glutathionperoxidase-Aktivität von Rindern unterschiedlicher Rassen

H. Laser, M. Behrendts und B. Tönepöhl

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Arbeitsgruppe Grünland
und Futterbau, Karl-Glöckner-Str. 21C, 35394 Gießen;
Email: Harald.Laser@agrar.uni-giessen.de

Einleitung und Problemstellung

Der Bedarf der Wiederkäuer an dem essentiellen Spurenelement Selen kann in extensiven Weidesystemen ohne Supplementierung nicht gedeckt werden (LASER 2005). Bei Stallhaltung können Defizite durch gezielte Gaben von selenhaltigem Mineralfutter ausgeglichen werden, bei langen Weideperioden ist eine bedarfsgerechte Selenversorgung der Tiere auf diesem Wege jedoch nicht praktikabel. Selen-Gaben auf Grünland können hier eine zuverlässige Alternative sein. Bereits mit Selenmengen von etwa 4 g Selen pro ha in Form von Natriumselenat lassen sich die Zielkonzentrationen von 100 bis 300 µg Selen pro kg Futter-Trockenmasse in der Regel sicher einstellen (OPITZ VON BOBERFELD 2002, LASER 2005). Vorteile des Einsatzes selenhaltiger Dünger auf Weiden sind darin zu sehen, dass alle Tiere der Herde über das Grundfutter bedarfsgerecht und gleichmäßig mit Selen versorgt werden, das zu großen Teilen in organischen Formen in den Futterpflanzen vorliegt. Organische Selenquellen ermöglichen im Vergleich zu mineralischen nachweislich höhere Selengehalte in der Milch, was z.B. in der Mutterkuhhaltung auch hinsichtlich der Versorgung der Kälber einen entscheidenden Vorteil erbringt (PEHRSON et al. 1999). Nachteilig wirkt sich bei der Verwendung von Natriumselenat die geringe Wirkungsdauer aus; die Applikation hat in der Regel nur Einfluss auf die Konzentrationen des unmittelbar folgenden Aufwuchses (OPITZ VON BOBERFELD 2002, LASER 2005). Seit einiger Zeit wird im Handel ein Kalkgranulat angeboten, das neben Natriumselenat auch Bariumselenat enthält. Das Bariumselenat stellt eine „slow-release“-Selenquelle dar und soll die Selenversorgung von Weidetieren deutlich länger sicherstellen. In dieser Untersuchung sollte geprüft werden, ob es möglich ist, die Selenversorgung der Mutterkühe mit Hilfe der Applikation des selenhaltigen Kalkgranulats im zeitigen Frühjahr über die gesamte Weideperiode sicher zu stellen.

Material und Methoden

Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Rudlos der Justus-Liebig-Universität Gießen im Vogelsberg/Hessen (etwa 400 m ü. NN) wurden Mitte April 2007 zwei Standweiden (12 bzw. 8 ha) mit 6 kg Dino Selenium 5[®] ha⁻¹, entsprechend einer Aufwandmenge von 12 g Se ha⁻¹, behandelt. Vier Wochen zuvor wurden alle

Flächen mit etwa 70 kg N/ha in Form von Kalkammonsalpeter gedüngt. An fünf aufeinander folgenden Terminen (= Mitte Mai bis Mitte August, vgl. Abb. 1) wurden vier Pflanzenproben auf einer Fläche von jeweils 1 m² genommen. Die Selen-Analysen der bei 60°C getrockneten und auf 1 mm Partikelgröße vermahlenden Proben erfolgten mittels AAS-Hybrid Technik nach mikrowellengestütztem Hochdruckaufschluss. Am Ende der Beweidung (= Ende August) wurde die Glutathionperoxidase-Aktivität von Rindergruppen der Rassen Angus und Fleckvieh gemessen, die während der gesamten Weideperiode auf selenbehandelten (+Se) bzw. unbehandelten Weiden (-Se) gehalten wurden. Es wurden insgesamt 60 Individuen, also 15 Rinder je Gruppe, untersucht. Zur Analyse der Aktivität der erythrozytären Glutathionperoxidase (= GSH-Px) im Vollblut wurde die auf PAGLIA & VALENTINE (1967) basierende, photometrische UV-Methode mit Hilfe eines Diagnostik-Kits der Firma Randox Laboratories durchgeführt. Bei diesem klinisch bewährten Test wird der Selen-Versorgungsstatus der Weidetiere bei GSH-Px-Werten > 130 U g⁻¹ Hb (Units per Gramm Hämoglobin) als ausreichend, bei Werten < 60 U g⁻¹ Hb als defizitär bewertet. Der Wertebereich zwischen 60 und 130 U g⁻¹ Hb wird im Folgenden als marginaler Versorgungsstatus bezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt, dass die Aufwüchse der Kontrollflächen ohne Selen-Applikation zu allen Terminen Selen-Konzentrationen aufweisen, die den Bedarfswert von Milchkühen (ANONYMUS 2001) bzw. Mutterkühen (ANONYMUS 1996) deutlich unterschreiten. Das selenhaltige Kalkgranulat führt bereits 29 Tage nach der Applikation zu einer erheblichen Erhöhung der Selen-Konzentrationen im Aufwuchs, die vermutlich durch das schnell lösliche Natriumselenat bewirkt wird.

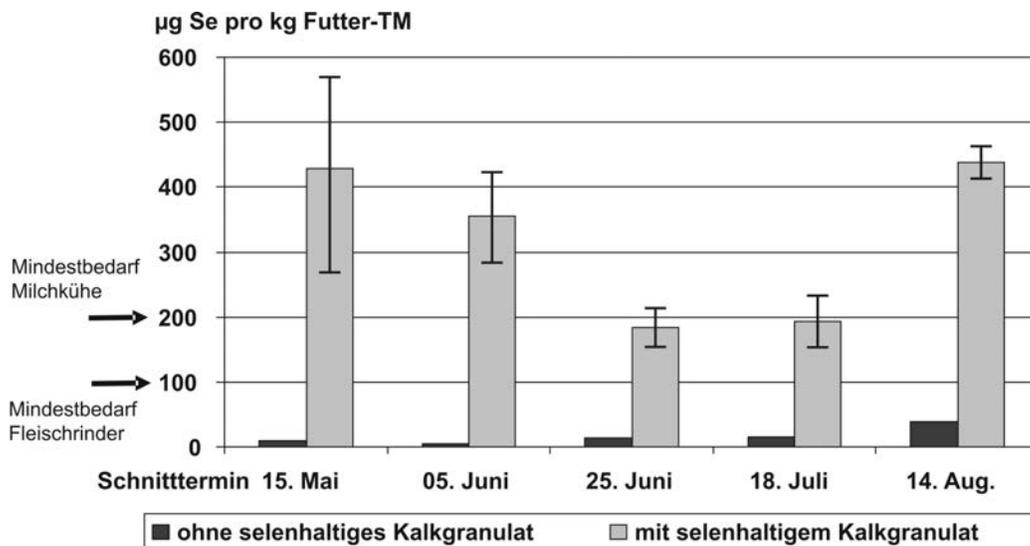


Abb. 1: Beeinflussung der Selenkonzentrationen durch eine einmalige Gabe eines granulierten Kalkdüngers mit Selen auf einer Rinderweide (n=4) zu fünf Nutzungsterminen mit zugehörigen Standardabweichungen

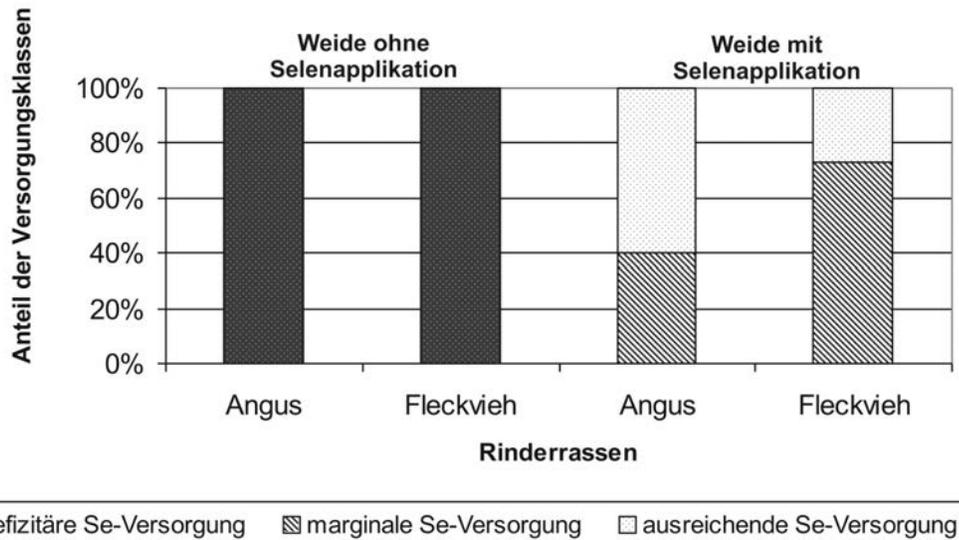


Abb. 2: Anteile der Selenversorgungsclassen bei Mutterkühen auf Basis der GSH-Px-Werte in Abhängigkeit von der Selen-Applikation und der Rinderrasse

Tab. 1: Varianztabelle für die Glutathionperoxidase-Aktivität bei Mutterkühen

Varianzursache	FG	MQ/F-Wert	Signifikanz
Se-Versorgung	1	1010882,400	**
Rasse	1	21281,667	*
Se-Versorgung * Rasse	1	1622,400	
Fehler	57	4462,517	
Gesamt	60		

" * " = Signifikanzniveau 5 %

" ** " = Signifikanzniveau 1 %

Im Unterschied zur Applikation von Natriumselenat allein, das in der Regel nur die Selenkonzentrationen des unmittelbar folgenden Aufwuchses beeinflusst (BAHNERS & HARTFIEL 1985, LASER 2005), bewirkt der Anteil von Bariumselenat, dass auch das Niveau der Konzentrationen späterer Aufwüchse über dem Mindestbedarf der Weidetiere bleibt. Zum ersten und zum letzten Termin werden dabei im Mittel Werte um $400 \mu\text{g Se kg}^{-1} \text{ TS}$ erreicht. In Einzelfällen treten auch Konzentrationen bis $800 \mu\text{g Se kg}^{-1} \text{ TS}$ auf, die den Optimalbereich überschreiten, jedoch noch kein gesundheitliches Risiko darstellen. Die Standardabweichung zum ersten Termin ist mit $300 \mu\text{g}$ extrem hoch, da zwischen Applikation und Ernte nur ein geringer Zeitraum liegt und niedrige Niederschlagsmengen eine vollständige Lösung des Granulats und gleichmäßige Verteilung des Selen im Boden und im Aufwuchs erschweren. Die Varianz innerhalb der Wiederholungen nimmt zu den folgenden Terminen ab, was für eine vollständigere Verteilung des Selen im Laufe der Vegetationsperiode spricht. Vergleichsweise hohe Konzentrationen im August sind auf niedrige Erträge zurückzuführen. Die Untersuchungen des Blutes der auf den Untersuchungsflächen weidenden Mutterkühe zeigen, dass das erhöhte Selenangebot im Futter im hohen Maße genutzt wird (vgl. Abb. 2). Die GSH-Px-Werte der Referenztiere ohne Selenapplikation weisen zu 100 % auf eine defizitäre Selenversorgung hin, während die Mutterkühe auf den mit dem selenhaltigen Granulat behandelten Flächen als

marginal bis ausreichend mit Selen versorgt eingestuft werden können. Bezogen auf die GSH-Px-Werte der untersuchten Mutterkühe ergaben sich dabei auch signifikante Unterschiede im Vergleich der Rassen Angus und Fleckvieh (vgl. Tab. 1). Offenbar besitzen Mutterkühe der Rasse Angus bei identischen Bedingungen ein besseres Selen-Aneignungsvermögen als Tiere der Rasse Fleckvieh.

Schlussfolgerungen

Die einmalige Applikation des selenhaltigen Kalkgranulates erweist sich für die Dauer der gesamten Weideperiode als äußerst effektiv im Hinblick auf die Selen-Konzentrationen der Aufwüchse sowie den Versorgungsstatus der Weidetiere. Die Aufnahme des Selens über das Weidefutter gewährleistet, im Gegensatz zur Verwendung z.B. von selenhaltigen Lecksteinen oder -schalen, eine bedarfsgerechte Selenversorgung aller Herdenmitglieder. Organische Selenformen, zu denen auch in Pflanzen enthaltenes Selen überwiegend zählt, haben außerdem in der Mutterkuhfütterung gegenüber anorganischen Selen-Formen den entscheidenden Vorteil, dass die Selen-Konzentrationen in der Milch nach der Supplementierung offenbar effektiver angehoben werden, was für die Versorgung der Kälber in den kritischen ersten Lebenswochen entscheidend sein kann.

Literatur

- ANONYMUS (1996): Nutrient requirements for beef cattle. 7th ed. – Publ. National Res. Council, National Academy Press, Washington D.C.
- ANONYMUS (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Hrsg.: Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Verl. DLG, Frankfurt am Main.
- BAHNERS, N. & W. HARTFIEL (1985): Anreicherung von Selen in Raygras (*Lolium italicum*) durch Düngung verschiedener Selenmengen und Selenverbindungen. Kongressband 1985, *VDLUFA-Schriftenr.* 16, 503-509.
- LASER, H. (2005): Untersuchungen zum Bedarf von Schwefel- und Selen-Gaben in extensiven Weidesystemen in Abhängigkeit von Pflanzenbestand und Standort. *Germ. J. Agron.* 9, 29-41.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (2002): Selenathaltige Mehrnährstoff-Düngergaben und ihr Effekt auf die Selen- und Schwefel-Konzentration in Abhängigkeit vom Hauptbestandsbildner, Aufwuchs und Aufwand. *German J. Agron.* 6, 84-92.
- PAGLIA, D.E. & W.N. VALENTINE (1967): Studies on the quantitative and qualitative characteristics of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.* 70, 158–169.
- PEHRSON, B.; K. ORTMAN, M. MADJID & U. TRAFIKOWSKA (1999): The influence of dietary selenium yeast or sodium selenite on the concentration of selenium in the milk of suckler cows and on the selenium status of their calves. *J. Anim.Sci.* 77, 351-360.

Einfluss der Fütterung auf die Milchfettzusammensetzung: Naturwiesenfutter im Vergleich zu Kunstwiesenfutter

U. Wyss und M. Collomb

Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux;
Email: ueli.wyss@alp.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Die Fütterung der Milchkuh hat einen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung, insbesondere auf das Fettsäurenmuster in der Milch. Wie die Versuche von MOREL *et al.* (2005 und 2006) sowie von van DORLAND (2006) gezeigt haben, beeinflusst die Grasmischung (Leguminosen im Vergleich zu Gräsern) das Fettsäurenmuster in der Milch.

Ziel des vorliegenden Versuches war es, den Einfluss von Kunst- und Naturwiesenfutter unter gleichen Standortbedingungen und ohne Kraftfutterergänzung auf das Fettsäurenmuster, insbesondere die konjugierten Linolsäuren (CLA) und Omega-3-Fettsäuren, in der Milch zu untersuchen. Zudem wurde bei einer Variante noch zusätzlich Maissilage verfüttert und geprüft, wie sich diese Ergänzung auf das Fettsäurenmuster auswirkt.

Material und Methoden

Im Versuch wurden die drei Varianten

- Kunstwiesenfutter (KW)
- Naturwiesenfutter (NW)
- Naturwiesenfutter ergänzt mit Maissilage (NW+MS)

verglichen.

Nach der Winterfütterung wurden die Kühe auf einer Halbtagesweide auf die Grünfütterration umgestellt und sowohl das Dürrfutter als auch die Maissilage sowie zusätzlich das Kraftfutter kontinuierlich abgesetzt. Während des Versuches wurden die Tiere im Stall *ad libitum* mit Grünfutter gefüttert. Das Grünfutter wurde täglich geerntet. Die Kühe der Variante NW+MS erhielten zusätzlich 5 kg Trockensubstanz (TS) Maissilage pro Tag. Auf eine Kraftfutterergänzung wurde bewusst verzichtet. Nur eine Mineralstoffergänzung, aufgemischt mit Kleie, von 0.5 kg pro Tag wurde verabreicht.

Der Versuch wurde mit je sechs Kühen pro Variante durchgeführt und dauerte fünf Wochen. Vor der Versuchsperiode befanden sich die Kühe im Durchschnitt in der 28. Laktationswoche und gaben durchschnittlich 25.9 kg Milch pro Tag.

Während der Umstellungsphase sowie den ersten drei Versuchswochen wurde Grünfutter des ersten Aufwuchses verfüttert. Während der vierten und fünften Versuchswoche stammte das Grünfutter vom zweiten Aufwuchs.

Die Milchleistung, das Lebendgewicht und der Verzehr wurden täglich erhoben. Vor dem Versuch sowie nach der ersten, dritten und fünften Versuchswoche wurden jeweils während zwei Tagen Milchproben (4 Gemelke) gesammelt und die Milch Inhaltsstoffe sowie das Milchfettsäurenmuster analysiert. Die Fettsäurenzusammensetzung im Milchfett wurde nach COLLOMB und BÜHLER (2000) bestimmt.

Vom Grünfutter wurde täglich eine Probe zur TS-Bestimmung gezogen sowie aus einer wöchentlichen Poolprobe die Roh Nährstoffe analysiert. Die Maissilage wurde wöchentlich und die Mineralstoffmischung zweimal analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Das Grünfutter der Kunstwiese enthielt mehr als 85 % Gräser, der Rest war hauptsächlich Klee. Das junge Naturwiesenfutter bestand aus 45 % Gräsern und 45 % Kräutern (Löwenzahn). Mit zunehmendem Alter des Futters nahm der Gräseranteil zu und der Kräuteranteil ab.

Bei den Fettsäuren dominierten sowohl im Kunst- als auch im Naturwiesenfutter die Linolensäure (C18:3) mit Anteilen über 60 %, gefolgt von der Palmitin- (C16:0) und Linolsäure (C18:2) mit Anteilen zwischen 10 und 20 %. Insbesondere beim Kunstwiesenfutter konnte bei der Linolensäure ein Einfluss des Alters auf die Gehalte festgestellt werden (Abb. 1). Dieser Einfluss war beim Naturwiesenfutter weniger ausgeprägt, hingegen konnte hier ein leichter Anstieg der Linolsäure festgestellt werden. Dass mit zunehmendem Alter des Grünfutters die Linolensäure ab- und die Linolsäure zunehmen, deckt sich mit den Untersuchungen von MORAND-FEHR und TRAN (2001) sowie DEWHURST *et al.* (2001).

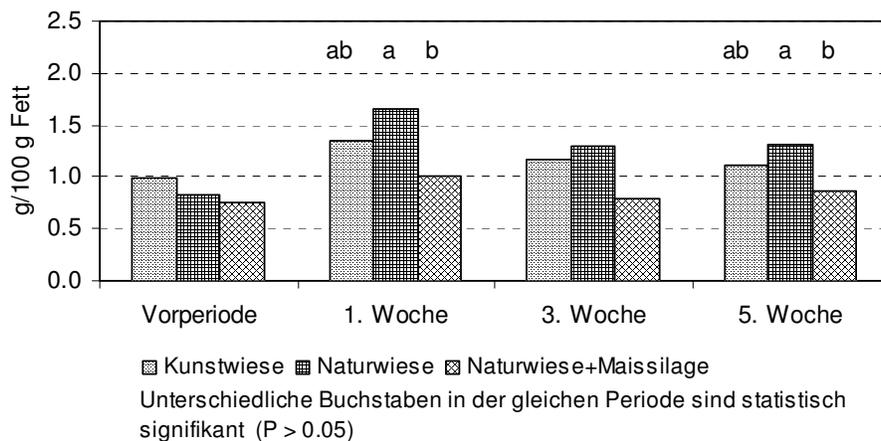


Abb. 1: Fettsäurenmuster des Kunst- und Naturwiesenfutters sowie der Maissilage

Die durchschnittliche Menge an Energie korrigierter Milch (ECM) nach der Vorperiode betrug 26.8 kg und nahm dann bei allen drei Varianten während den fünf Versuchswochen auf 22.4 kg ab.

Die gesättigten Fettsäuren im Milchfett waren bei der Verfütterung von Naturwiesenfutter tiefer als beim Kunstwiesenfutter und entsprechend höher waren die Gehalte der einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Auch die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA waren bei der Verfütterung von Naturwiesenfutter höher als beim Kunstwiesenfutter (Abb. 2 und 3). So waren die Omega-3-Fettsäuren bei der Verfütterung von Naturwiesenfutter je nach Versuchswoche um bis 26 bis 46 % und die CLA-Gehalte um 11 bis 22 % höher als beim Kunstwiesenfutter. Es zeigte sich auch, dass bei der Verfütterung von jungem Futter mehr von den oben genannten Fettsäuren in der Milch enthalten waren. Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen eines früheren Versuches mit der Ergänzung von Sonnenblumenkernen zu Grünfutter (WYSS und COLLOMB 2005).

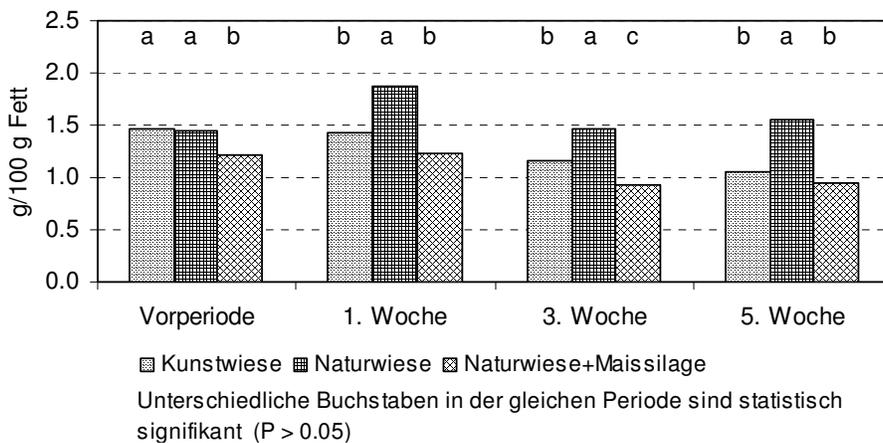


Abb. 2: Verlauf der Omega-3-Fettsäuren

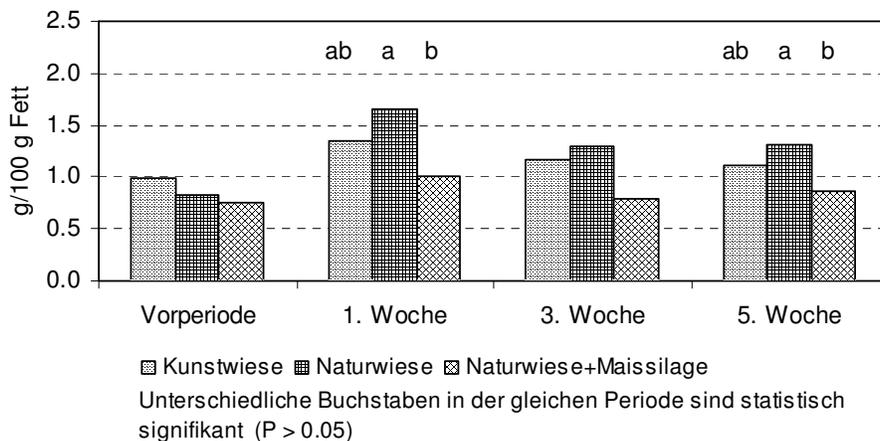


Abb. 3: Verlauf der konjugierten Linolsäuren (CLA)

Einen stärkeren Einfluss auf das Fettsäurenmuster hatte die zusätzliche Verfütterung von Maissilage. Hier stieg der Anteil an gesättigten Fettsäuren in der Milch auf Kosten der einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren an.

Zudem waren die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA um 34 bis 40 % tiefer als bei reiner Grasverfütterung.

Schlussfolgerungen

- Sowohl das Kunst- als auch Naturwiesenfutter weisen mit über 60 % vor allem Linolensäure auf, gefolgt von Palmitin- sowie Linolsäure mit Anteilen zwischen 10 und 20 %.
- Da die Futtermischung nicht mit Kraftfutter ergänzt wurde, ging die Menge an Energie korrigierter Milch mit zunehmendem Alter des Grases bei allen Varianten zurück.
- Bei der Verfütterung von Naturwiesenfutter im Vergleich zu Kunstwiesenfutter wies die Milch weniger gesättigte, dafür mehr einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren auf. Auch die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA waren bei der Verfütterung von Naturwiesenfutter höher als bei Kunstwiesenfutter.
- Einen stärkeren Einfluss auf das Fettsäuremuster hatte die zusätzliche Verfütterung von Maissilage. Diese Variante wies die höchsten Anteile an gesättigten Fettsäuren und die tiefsten Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA auf.

Literatur

- COLLOMB, M. & BÜHLER T. (2000): Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. I. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 91, 306-332.
- DEWHURST, R.J., SCOLLAN, N.D., YOUELL, S.J., TWEED, J.K.S. & HUMPHREYS M.O. (2001): Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science* 56, 68-74.
- MOREL, I., WYSS, U., COLLOMB, M. & BÜTIKOFER, U. (2005): Grün- oder Dürffutterzusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* 12 (11-12), 496-501.
- MOREL, I., WYSS, U. & COLLOMB, M. (2006): Grünfütter- oder Silagezusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* 13 (6), 228-233.
- MORAND-FEHR, P. & TRAN, G. (2001): La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Prod. Anim.* 14 (5), 285-302.
- van DORLAND, H.A. (2006): Effect of with clover and red clover addition to ryegrass on nitrogen use efficiency, performance, milk quality and eating behaviour in lactating dairy cows. Diss. ETH No. 16867.
- WYSS, U. & COLLOMB, M. (2005): Sonnenblumenkerne und Grünfütter: Milchfettzusammensetzung. *Agrarforschung* 12 (11-12), 508-513.

Verdaulichkeit und Abbaubarkeit von Rohprotein einheimischer tanninhaltiger Futterpflanzen

Y. Arrigo, A. Scharenberg

Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-175 Posieux
Email: yves.arrigo@alp.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Kondensierte Tannine (KT) sind zu den Sekundärmetaboliten gehörende Polyphenole, deren Herkunft ausschliesslich pflanzlich ist und die physiologisch nicht als essenziell gelten. Sie haben spezifische Funktionen, insbesondere die Pflanze gegen Prädatoren, Pathogene oder Konkurrenz zu schützen (SCEHOVIC, 1990). In einem pH-Bereich von 7 bis 4 (Jones und Mangan, 1977) können die KT sich an bestimmte Nährstoffe, vor allem an Proteine, binden. Dadurch kann der Abbau des Proteins im Pansen gesenkt werden (Barry und McNabb, 1999), was sich wiederum positiv auf die Tiergesundheit auswirken kann, da die Leber weniger stark beansprucht wird, um den überschüssigen Ammoniak in Harnstoff umzuwandeln (SCHARENBERG, 2006a).

Dieser durch Komplexverbindungen mit den KT erzeugte natürliche Schutz der Proteine gegen die Pansenmikroorganismen und die anschliessende Freisetzung der Proteine durch das Aufbrechen dieser Bindungen im sauren Milieu des Labmagens lassen eine bessere Nutzung des Proteins durch den Wiederkäuer erwarten. Um diese Hypothese zu untermauern, haben wir die *in sacco* Abbaubarkeit und die *in vivo* Verdaulichkeit des Rohprotein in Chicorée (*Cychoorium in tybus*, Sorte Grassland's Puna), Hornklee (*Lotus corniculatus*, Sorte Oberhaunstätter) und Esparsette (*Onobrychis viciifolia*, Sorte Visnovsky) bestimmt. Als Kontrolle diente uns eine nahezu tanninfreie Raufuttermischung (47 % Gräser, 39 % Leguminosen und 15 % Löwenzahn).

Material und Methoden

Von Chicorée und Esparsette wurde der erste Schnitt verwendet (Schnittzeitpunkt: 24.05.2004 resp. 28.05.2004), von Hornklee und der Raufuttermischung der dritte Schnitt (Schnittzeitpunkt 21.09.2004 resp. 26.07.2004). Alle Futter wurden mit unserer Pilotanlage (Umluft mit 35° und <40 % relative Luftfeuchte) getrocknet (ca. 88 % TS).

Die Verdaulichkeit wurde *in vivo* mit 21 adulten Oxford Hammeln (72,5 +/- 6,2 kg) bestimmt, die eine Ration mit einem Energiegehalt von 1,1 x 0,380 MJ/kg^{0,75} erhielten.

Die Abbaubarkeit des Rohproteins wurde mit der *in sacco* Methode bestimmt. Die mit den Versuchspflanzen gefüllten Nylonsäckchen wurden 2, 4, 8, 16, 24, und 48 Stunden im Pansen von drei fistulierten Kühen inkubiert (MICHALET-

DOREAU, 1987). Die Kühe bekamen eine Ration, die ihren Bedarf deckte und 70 % Heu und 30 % Kraftfutter enthielt.

Die Bestimmung der kondensierten Tannine erfolgte mit der HCL-Butanol-Methode (TERRIL *et al.*, 1992).

Ergebnisse und Diskussion

Die KT-Gehalte der untersuchten Pflanzen variierten stark. Esparsette wies unter den KT-Pflanzen den höchsten Gehalt auf (Tab.1). Der KT-Gehalt von Chicorée war ähnlich tief wie jener der Raufuttermischung. Der Rohproteingehalt (XP) von Hornklee war hoch (225 g/kg TS) gegenüber Esparsette, die mit 123 g/kg TS nur etwa halb so viel Rohprotein enthielt.

Die ruminale Rohproteinabbaubarkeit (aXP) lag bei Chicorée bei 74,3 % und war deutlich höher verglichen mit den drei übrigen Futterpflanzen ($P < 0,01$). Esparsette wies die tiefste Rohproteinabbaubarkeit auf (57,2 %), was auf eine mögliche Bindung des Proteins an die KT hindeutet.

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung und Nährwert der Futterpflanzen

	Raufutter- mischung	Chicorée	Hornklee	Esparsette	S_8^*	P-Wert
TS _{g/kg}	906	900	906	909		
in g/kg TS						
OM	858	794	899	910		
XP	198	149	225	123		
XF	224	162	245	275		
ADF	264	221	311	350		
NDF	422	253	349	424		
KT	8	7	12	48		
vXP %**	74,2 ^b	69,7 ^c	76,5 ^a	58,7 ^d	0,5	<0,01
aXP %***	68,0 ^b	74,3 ^a	69,7 ^b	57,2 ^c	1,6	<0,01

* Standardabweichung des Mittelwerts

** Verdaulichkeit des Rohproteins

*** ruminale Abbaubarkeit des Rohproteins

Werte in der gleichen Zeile, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, sind statistisch unterschiedlich.

Die vier Futter unterschieden sich hinsichtlich der Verdaulichkeit des XP (vXP) voneinander ($P < 0,01$). Die vXP der Leguminosen waren unterschiedlich, Hornklee besass die höchste vXP (76,5 %), Esparsette wies mit 58,7 % den tiefsten Wert der vier Futter auf. Der Grund für diese weniger gute Proteinverdaulichkeit bei Esparsette könnte darin liegen, dass das Aufbrechen der KT-Protein-

Bindungen im sauren Milieu des Labmagens ausbleibt oder es im Dünndarm zu neuen Bindungen kommt (Hedqvist, 2004).

Aus diesem Versuch geht hervor, dass die höchste KT-Konzentration mit den geringsten aXP und vXP einhergeht (Abb. 1).

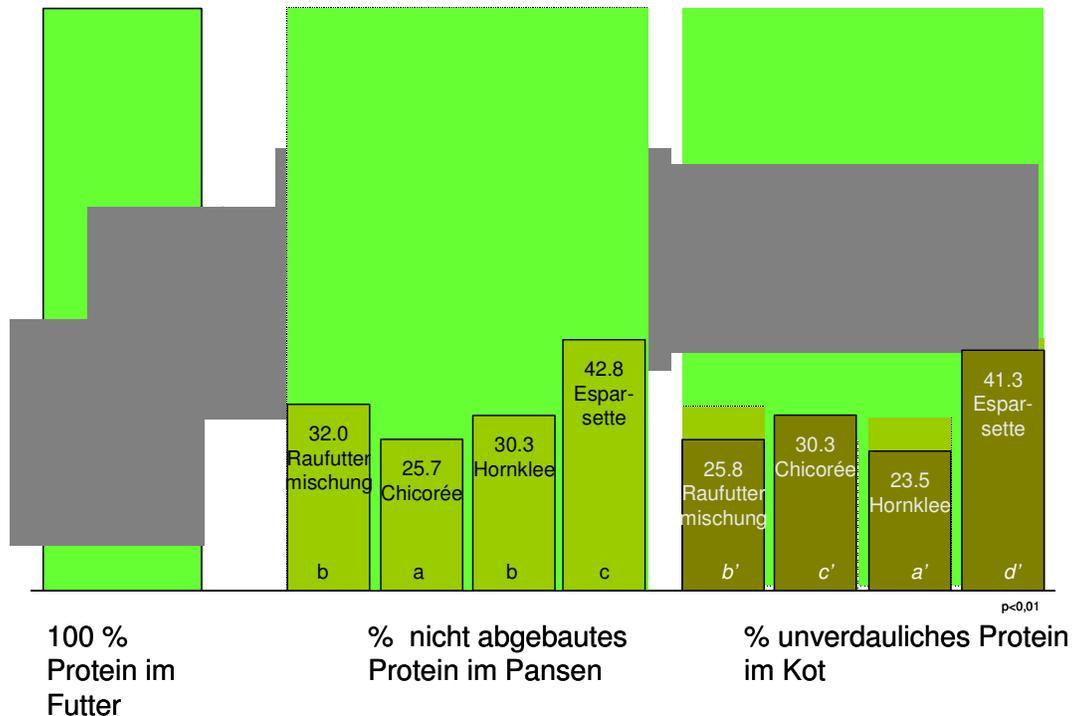


Abb. 1: Proteinflux der Versuchsfutter.

Schlussfolgerungen

Die KT üben auf das Rohprotein eine Schutzwirkung gegenüber den Pansenmikroorganismen aus. Die aXP von Esparsette lag signifikant tiefer als bei den übrigen Pflanzen und der Futtermischung. Leider konnte die Hypothese einer besseren XP-Verwertung beim Wiederkäuer nicht bestätigt werden. Die scheinbare Proteinverdaulichkeit war bei Esparsette am geringsten.

Die Wirkung der KT können die Proteinverwertung durch den Wiederkäuer beeinflussen. Die für die Schätzung des Futterwertes verwendeten Standardgleichungen sind möglicherweise für KT-haltige Raufuttermittel nicht geeignet (SCHARENBERG, 2007b).

Literatur

- BARRY T.N., McNABB. W.C. (1999): The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British journal of Nutrition* 81, 263-272.
- HEDQVIST H. (2004) : Metabolism of Soluble Proteins by Rumen Microorganisms and the Influence of Condensed Tannins on Nitrogen Solubility and Degradation. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

- JONES W.T, MANGAN J.L. (1977): Complexes of condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis-Viciifolia* Scop) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. *J. Sci. Food Agr.* 28:126-136.
- MICHALET-DOREAU B., VÉRITÉ R., CHAPOUTOT P. (1987): Méthodologie de mesure de la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull.Tech. C.R.Z.V. INRA* (69) 5-7
- SCEHOVIC J. (1990): Tanins et autres polymères phénoliques dans les plantes de prairies: détermination de leur teneur et de leur activité biologique [Tannins and other phenolic polymeres in meadow plants: determination of its content and its biological activity]. *Revue suisse Agric.* 22,179-184.
- SCHARENBERG A., ARRIGO Y., GUTZWILLER A., WYSS U., HESS H.D., KREUZER M. AND DOHME F. (2007a): Effect of feeding dehydrated and ensiled tanniferous sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on nitrogen and mineral digestion and metabolism of lambs. *Archives of Animal Nutrition* 61(5):390-405
- SCHARENBERG A., ARRIGO Y., GUTZWILLER A., SOLIVA C.R., WYSS U., KREUZER M. AND DOHME F. (2007b): Palatability in sheep and *in vitro* nutritional value of dried and ensiled sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and chicory (*Cichorium intybus*). *Arch. Anim. Nutr.* 61:481-496.
- TERRILL T. H., ROWAN A. M., DOUGLAS G. B., AND BARRY T. N. (1992): Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein-concentrate meals and cereal-grains. *J. Sci. Food Agric.* 58:321–329.

Forage quality for growing beef cattle on restored mountain pastures

K. Stankovičová^a, J. Novák^a and J.E. Vale^b

^a Slovak University of Agriculture in Nitra, Department forage crops and grassland ecosystems, Email: kvetoslava.stankovicova@uniag.sk

^b Institute of Grassland and Environmental Research Bronydd Mawr, Trecastle, Brecon, Powys LD3 8RD, UK

Introduction

As a result of the increasing importance of low-input grassland systems, winter grazing is becoming more popular with the emphasis on peripheral sites in Central Europe (OPITZ VON BOBERFELD 1997). CAUWER (2006) found that the quality of the harvested produce is too low to be used as regular forage for highly productive livestock. Nevertheless, herbage or hay from field margins might be used as a source of crude fibre in feeding rations for non-lactating cows or heifers. The quality of forage from semi-natural grassland is lower when compared with intensive grassland. This is mainly due to its lower crude protein content, digestibility and a higher crude fibre content. The aim of this study was to determine the best management to produce quality feed for growing Charolais beef cattle on restored mountain pasture.

Materials and methods

The experimental area used had not been grazed 50th years, and had experienced a period of nationalization with encroachment of trees and shrubs forming area of woodland. The experiments were established on a restored mountain pasture in 2005. The cattle are retained on the experimental area all year round, with no period housing, and with supplementation feed provided during the winter. The stocking rate was 0.30 – 0.60 LU.ha⁻¹ per annum. The experiment was situated on a site at Diel in the district of Poltár (48° 25' N, 19° 34' E)

at an altitude of 920 m a.s.l. in Slovakia. The site was typical of continental climatic conditions. Average yearly temperature was 5.1 °C and during the growth period averaged 10.51 °C. Average precipitation was 926.72 mm and the average for the growth period was 629.81 mm. Soil

Table 1 Experimental variants

Variants	Characteristics of variants
BG	burned places (autumn 2005) and grazing plot
UM	un-management plot
G	only grazing plot
CG	cutting in Jun and after grazing plot
RG	reseeded (5 th May 2006) and grazing plot

profile was clay-sandy throughout the whole of the soil depth. Chemical properties are available to the author. The experimental variants (Tab. 1) were organized into randomized incomplete blocks with three repetitions after the experimental area was cleared of encroaching woodland. Above ground phytomass was taken twice a year (Jun, September) and chemical analysis was carried out

on these samples – N, ash, fat. Nutrition values as CP, NEF, PDI were calculated and compared with nutrition values required for beef cattle by SOMMER et al. (1994). According to the author, for growing beef cattle with a live weight in the range of 300 to 650 kg and a daily liveweight gain of 0.8 kg will require a subsequent nutritional content: of CP 113.43 – 116.98 g.kg⁻¹, NEF 4.71 – 5.52 MJ.kg⁻¹, PDI 72.63 – 77.78 g.kg⁻¹. For abbreviations of feed quality see legend in tab. 2. On a base of botanical composition (D %) and feed value of species (FV) was calculated on an evaluation of the grassland by the formula

$$E_{GQ} = \frac{\sum(D.FV)}{8} \quad (\text{NOVÁK 2004}),$$

to allow comparisons with the chemical analysis. This evaluation of the pasture together with the chemical analysis undertaken allows a whole image regarding the above ground phytomass quality of pasture to be built up. Results were determined by statistical analysis using ANOVA by software Statistica (CZ).

Results and Discussion

According to POZDÍŠEK et al. (2003), feed nutritive value is determined strictly speaking by its energy value and crude protein content. The highest concentration of CP content (Tab. 2) was found in the variant BG and RG in both experimental years (Tab. 2). These concentrations were higher in the second year in comparison with the first year. In the variants BG and RG significant changes (***) were found compared with variant UM. CP concentrations exceeded the upper boundary of growing beef cattle requirements in all the variants in the second year. The variant UM resulted in a CP deficit as required for growing beef cattle over the two years of the experiment (Tab. 2). Control variant P was not significant when compared with the other variants. MOORE & KUNKLE (1995) suggested that the relative response to protein supplementation is highest when the forage consumed has a CP content of less than 70 g.kg⁻¹. In the experiment under discussion, we did not observe the decline of CP content in variants G, CG, RG and BG in the second herbage cut. However, LEEWELLYN et al. (2005)

Table 2 Forage quality (CP, NEF, PDI) of experimental variants

Sampling Variants	2006				2007				
	CP (g.kg ⁻¹)	NEF (MJ.kg ⁻¹)	PDI (g.kg ⁻¹)	E _{GQ}	CP (g.kg ⁻¹)	NEF (MJ.kg ⁻¹)	PDI (g.kg ⁻¹)	E _{GQ}	
1	BG	128.74	5.95	72.03	11.35	168.40	5.91	75.34	86.14
	UM	97.08	6.06	58.22	38.59	95.84	6.06	57.47	17.95
	G	92.55	5.98	55.50	23.69	153.54	5.96	74.10	38.15
	CG	86.89	6.06	52.11	30.92	121.03	6.00	71.39	44.41
	RG	106.78	5.99	64.03	41.31	121.12	5.99	71.32	58.07
2	BG	122.25	5.87	70.64	66.23	222.61	5.90	80.40	88.92
	UM	73.01	6.07	43.78	33.10	88.01	6.06	52.78	17.23
	G	136.48	5.95	72.34	31.89	138.35	5.96	72.68	39.88
	CG	103.65	5.99	62.16	32.75	170.81	5.99	76.04	37.51
	RG	150.70	5.90	73.21	73.84	191.24	5.98	77.87	62.12
Average	BG	125.50	5.91	71.34	38.79	195.50	5.90	77.87	87.53
	UM	85.04	6.07	51.00	35.85	91.93	6.06	55.12	17.59
	G	114.51	5.97	68.67	27.79	145.95	5.96	73.39	39.02
	CG	95.27	6.02	57.14	31.84	145.92	5.99	73.72	40.96
	RG	128.74	5.95	71.60	57.58	156.18	5.98	74.59	60.10

1, 2 – sampling (Jun, September), variants - for abbreviations of experimental treatment see tab. 2, CP – crude protein, NEF – net energy of fattening, PDI – digestible protein, E_{GQ} – evaluation of grassland quality

(2005) CP content was increased with increase proportion of legumes. NEF concentration exceeded the limits for the requirements of growing beef cattle in both experimental years. The highest NEF concentration were found in the vari-

found that feed quality (CP) of pasture vegetations decreased by late autumn, in addition VOZÁR (2003) corroborates a decrease in CP content in a third herbage cut in the autumn in spite of addition NPK-nutrients being applied. It was assumed that higher CP concentration observed on the BG and RG variants was due to the high proportion of legumes in those particular swards. These trends were also recorded by GAISLER & PAVLŮ

ants UM and CG (Tab. 2) and the lowest in the variant BG (Tab. 2) in both the herbage cuts and over both years. However, the differences observed in these values were minimal between experimental variants, but there were significant (***) differences between the variants BG and UM when compared to the other variants. VOROBEL (2005) also observed a minimal difference between NEF values on various grassland types. Minimal difference between the NEF values is due to the growth of the plant biomass above ground being a result of changes of nutrients and energy supply between the plant and its growing environment. In the first year (2006) PDI concentration was less than the normal growing beef cattle requirement in all variants except for variant RG where value PDI was at the bottom of the range of normal growing beef cattle requirements PDI 73.21 g.kg⁻¹. However, variant RG produced a PDI content exceeding the required growing beef cattle limit I approximately 0.09 g.kg⁻¹ in the second cut the same result was observed in variant BG, which achieved the highest PDI concentration of 80.40 g.kg⁻¹. The other variants achieved the growing beef cattle requirement PDI concentration in the second cut except variant UM which had a PDI of 52.78 g.kg⁻¹. The variant UM had the significantly (***) lowest PDI concentration when compared to all the other land use variants. According to PAVLŮ et al. (2004), dead phytomass proportion increases in unmanaged grassland therefore feed quality rapidly decreases. This conclusion corroborates the result of our experiment. The evaluation by E_{GQ} of the variant BG was found to show a rapid increase of quality from deleterious – worthless (11.35) to less valuable – valuable (66.23) in the first year (2006), and to valuable – highly valuable (87.53) grassland in the second year (2007). In a similar way, the variant RG was improved to less valuable – valuable grassland in both years. *Trifolium repens* participated in the improvement of the pastures in these two variants. Our conclusions in accordance with the suggestions made by NOVÁK & OBTULOVÍČ (2004), are that with an increase in legume predominance there is an increase in the value of the E_{GQ} coefficient. Higher proportions of legumes in the pasture upset this ratio bringing about either a protein increase in the available feed with its associated problems or causing excessive flatulence in stock. Therefore, NOVÁK & OBTULOVÍČ (2004) recommend an optimum proportion of 25 % of legumes in the available sward. In the variants CG and G there was no recorded important difference in E_{GQ} qualities. These pastures were the least valuable – less valuable in the first year (2006), however in the second year (2006) these variants were classified as valuable grassland due to the management imposed on them in the experiment. In the variant UM the E_{GQ} quality decreased from least valuable – less valuable to worthless – least valuable (17.59). An increase in woodland vegetation types (60.66 %) to the exclusion of blank spaces and other botanical groups was observed on this variant and the proportion of legumes in the sward was less than 1 %. GAISLER & PAVLŮ (2005) found, that in un-managed plots there were a considerably reduced proportion of legumes. It is the proportion of legumes within the sward that reflected grassland quality.

Conclusions

The manner in which pastures are managed after restoration strongly influences available feed quality. From the results gained from this experiment, looking at the feed quality of pasture at an altitude of 920 m a.s.l. for growing beef cattle; we can make the following observations:

1. Pasture feed quality was improved by reseeded and grazed and by the nutrition supplied to the sward by the burning of tree branches. The quality of these pastures was further improved by the higher proportions of *Trifolium repens*.
2. It is recommended that restored pasture be grazed by cattle only. A combination of cattle grazing with herbage cutting resulted in tree re-encroachment being observed within a short period on restored land.
3. Pasture that is left un-managed after restoration does not provide the quality parameters required for growing beef cattle.

References

- CAUWER, B., REHEUL, D., NIJS, I., MILBAU, A. 2006. Dry matter yield and herbage quality of field margin vegetation as a function of vegetation development and management regime. In NJAS – wageningen journal of life sciences [online], Vol. 54, 2006, No. 1, 37-60 [cit. 6.2.2007]. Available on internet.
- GAISLER, J., PAVLŮ, V. 2005. Výnos a kvalita píce na travních porostech s různým způsobem obhospodařování. In: Kvalita píce z travních porostů. Zborník z medzinárodnej vedeckej konf. kvetoslava.stankovicova@uniag.sk, VÚRV Praha Ruzyň, 2005,134-138 ISBN 80-86555-75-5.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. O. 1997. Winteraußenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt. Ber. Landw. 75, p. 604-618. In: OPITZ VON BOBERFELD, W. O. and BANZHAF, K. 2006. The effect of Sward Management on the Mineral Content of Winter Grazed Herbage. J. Agronomy & Crop Science 192, 2006, 1-9.
- LLEWELLYN, D.A., COCHRAN, R.C., MARSTON, T.T., GRIEGER, D.M., FARMER, C.G., WICKERSHAM, T.A. 2005. Influence of limited fall protein supplementation on performance and forage utilization by beef cattle grazing low-quality native grass pastures. In: Animal Feed Science and Technology 127 (2006) 234-250.
- NOVÁK, J. 2004. Evaluation of grassland quality. In: Ekológia, Vol. 23, 2004, No.2, 127-143 ISSN 1335-2-342X.
- NOVÁK, J., OBTULOVIČ, P. 2004. Kvalita trávnych porastov centrálnych západných Karpát ovplyvnená extenzifikáciou a globálnym oteplením. In: Produkčné, ekologické a krajnotvorné funkcie trávnych ekosystémov a krmných plodín. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. 2004, Nitra : SPU 12-20
- POZDÍŠEK, J., KOHOUTEK, A., JAKEŠOVÁ, H., DIVIŠOVÁ, P. 2003. Kvalita píce jako významný faktor exploatace travních porostů. In KOHOUTEK, A., POZDÍŠEK, J. Ekologicky šetrné a ekonomicky přijatelné obhospodařování trávnych porostů. VÚRV Praha, 224-237 ISBN 80-86555-30-5.
- SOMMER, A. et al. 1994. Potreba živín a výživná hodnota krmív pre hovädzí dobytok, ovce a kozy. Nitra : VÚŽV, 1994, 117 ISBN 80-967057-1-7.
- PAVLŮ, V., GAISLER, J., HEJCMAN, M. 2004. The effect of grazing intensity on the structure of the above ground biomass in semi-natural grassland. Grassland Science in Europe, vol. 9, 2004, 611-613.
- VOROBEL, M. 2005. Vplyv extenzifikácie siatych trávnych porastov na produkčné a floristické zmeny (autoreferát dizertačnej práce) 2005,19-20.
- VOZÁR, Ľ. 2003. Možnosti využitia prerušovaného a striedavého hnojenia dusíkom na poloprírodných trávnych porostoch (dizertačná práca) 2001, 118.

PPO-Aktivität in Rotklee unter Berücksichtigung von Genotyp, Umweltfaktoren und Nutzungsintensität - Einfluss auf die Proteinqualität

B. Eickler, M. Gierus, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, -Grünland und Futterbau/Ökologischer
Landbau-, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel;
Email: beickler@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Die hohen Gehalte an schnell abbaubarem Protein in Futterleguminosen können bei einem ungünstigen Protein-Energie-Quotienten des Futters von den Pansenmikroorganismen der Wiederkäuer nur unzureichend verwertet werden. Durch eine erhöhte Proteinabbaurate sind somit eine resultierende geringere N-Nutzungseffizienz und erhöhte N-Verluste möglich, die als Nitratfrachten im Sickerwasser besonders unter Beweidung zur Umweltbelastung beitragen können. Diesbezüglich besteht ein vermehrtes Interesse an der Wirkung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen in Futterleguminosen wie kondensierten Tanninen in Hornklee oder dem Enzym Polyphenoloxidase (PPO) in Rotklee. Die Reaktion der PPO kann zur Bildung von Chinon-Protein-Komplexen führen. Diese sind vor enzymatischem Abbau durch pflanzliche Proteine und Mikroorganismen im Pansen geschützt, es kann aber auch eine direkte Hemmung der pflanzlichen Proteasen durch die Chinone stattfinden. Ergebnisse wie ein veringertes Proteinabbau in Silage, verringerte Milch- und Blutharnstoffgehalte sowie geringere ruminale Ammoniak-N-Gehalte bei Wiederkäuern, die jeweils für Rotklee im Vergleich zu Weißklee oder Luzerne festgestellt wurden, sind in zahlreichen Studien dokumentiert und wurden in einigen Arbeiten auf einen vermuteten Einfluss der PPO-Aktivität zurückgeführt. Ein quantitativer Zusammenhang zwischen der PPO-Aktivität und Futterqualitätsparametern wurde bisher noch nicht nachgewiesen.

Unsere Arbeit beinhaltet die Charakterisierung der PPO-Aktivität in der Pflanze unter Berücksichtigung möglicher Einflussfaktoren wie Genotyp, Umwelt, Vegetationsverlauf und Nutzungsintensität. Weiterhin wird überprüft, ob die PPO-Aktivität als beeinflussender Parameter auf die Proteinqualität von Rotklee herangezogen werden kann.

Material und Methoden

Als Datengrundlage dienen Ergebnisse aus einem Sortenversuch, der 2006 an zwei Standorten in Norddeutschland mit sechs bzw. neun Genotypen in Reinsaat als 3-Schnittsystem etabliert wurde, sowie aus einem vergleichenden Versuch unterschiedlicher Nutzungsintensitäten von Rotklee-Gras-Parzellen, welche 2005 und 2006 als 3-Schnitt- (Silo) bzw. 5-Schnittsystem (SBW) und 2005

unter Umtriebsweide (BEW) beprobt wurden. 2006 wurde zusätzlich in beiden Schnittsystemen die Applikation von mechanischem Stress (+MS) als Behandlung integriert, indem die Parzellen nach dem Schnitt mittels Cambridge-Walze gewalzt wurden, bis eine moderate Schädigung der Pflanzen sichtbar war. Unmittelbar vor dem jeweiligen Schnittermin bzw. Auftrieb der Tiere wurden auf den entsprechenden Parzellen Rotkleepflanzen in einer Schnitthöhe von 5 cm beprobt, in Blatt und Stängel getrennt und sofort eingefroren, um den aktuellen biochemischen Status zu konservieren. Die Extraktion der PPO erfolgte in Anlehnung an *ESCRIBANO et al.* (1997) aus gefrorenem Blattmaterial mittels Phosphatpuffer. Die Aktivität wurde anschließend unter Verwendung von Kaffeesäure als Substrat photometrisch gemessen und rechnerisch auf den Blattprotein-gehalt bezogen. Weitere Rotkleepflanzen wurden bei 58°C getrocknet und auf 1 mm vermahlen und standen so für die Proteinfractionierung nach *LICITRA et al.* (1996) zur Verfügung. Die Datenerhebung beinhaltete ebenfalls die Bonitur des phänologischen Entwicklungsstadiums nach *FAGERBERG* (1988) als mean stage by count (MSC) sowie die Bestimmung des Blatt-Gewichts-Verhältnisses (BGV).

In der statistischen Auswertung wurden einzelne Beobachtungen der jeweiligen Systeme einer Varianzanalyse unterzogen. Schnittermine wurden als wiederholte Messung betrachtet. Unterschiede zwischen Systemen innerhalb eines Schnittermins wurden anhand eines Student-t-Tests verglichen und mittels Bonferroni-Holm-Test korrigiert. Die Beziehung zwischen PPO-Aktivität und Futterqualitätsparametern wurde regressionsanalytisch überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Vergleich der PPO-Aktivität von Rotklee-Genotypen

Tab. 1: PPO-Aktivität in Rotklee (IU je Protein (mg/g TS) von sechs Genotypen an zwei Standorten und drei Aufwüchsen.

	Genotyp							Aufwuchs			
	I	II	III	IV	V	VI	SE	1	2	3	SE
Ort 1	1,19	0,91	1,14	1,37	0,54	0,85	0,09	0,69	0,72	1,60	0,08
	ab	bc	ab	a,A	c,B	bc,B		y,Y	y,X	x,X	
Ort 2	1,17	1,01	0,98	1,11	1,08	1,12	0,09	1,76	0,58	0,89	0,08
				B	A	A		x,X	z,Y	y,Y	

a,b,c signifikante Unterschiede zwischen Genotypen als Mittel über die Aufwüchse eines Standorts

A,B signifikante Unterschiede zwischen den Standorten innerhalb Genotyp

x,y,z signifikante Unterschiede zwischen den Aufwüchsen eines Standorts

X,Y signifikante Unterschiede zwischen den Standorten innerhalb Aufwuchs

Die statistische Auswertung zur PPO-Aktivität im Genotypen-Vergleich zeigte signifikante ($P < 0,001$) Wechselwirkungen der Faktoren Standort x Aufwuchs sowie Standort x Genotyp (Tab. 1). Die PPO-Aktivität der Aufwüchse im Mittel über die Genotypen variierte um den Faktor 3 und zeigte höchste Werte im dritten Aufwuchs an Standort 1 bzw. im ersten Aufwuchs an Standort 2. Signifikan-

te Unterschiede zwischen den Genotypen konnten nur an Standort 1 zwischen den Genotypen IV und V abgesichert werden, die sich im Mittel über die Aufwüchse um den Faktor 2,5 unterschieden.

Vergleich der PPO-Aktivität unter verschiedenen Nutzungssystemen

Die statistische Auswertung der beiden Schnittsysteme mit unterschiedlicher Schnitthäufigkeit (SBW und Silo) ergab in beiden Fällen eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Jahr x Aufwuchs ($P < 0.01$). Das Mittel über die Aufwüchse war bei Silo 2005 die PPO-Aktivität 3,4-fach höher als 2006. Die Variation innerhalb eines Jahres war besonders unter SBW in 2006 ausgeprägt, hier variierte die PPO-Aktivität um den Faktor 7,8.

Im Vergleich zum Schnittsystem SBW zeigte sich 2005 unter BEW eine signifikante Erhöhung der PPO-Aktivität ab dem zweiten Termin (Abb. 1). Der Anstieg unter BEW war beim vierten Termin am größten (Faktor 2,5), während die Aktivität der SBW zum gleichen Termin den niedrigsten Wert aufwies. In 2006 wurde im Vergleich zu SBW und Silo unter mechanischem Stress (+MS) ebenfalls eine Steigerung der PPO-Aktivität beobachtet, die jedoch nicht über alle Termine konstant war und nur für das System Silo statistisch abgesichert werden konnte.

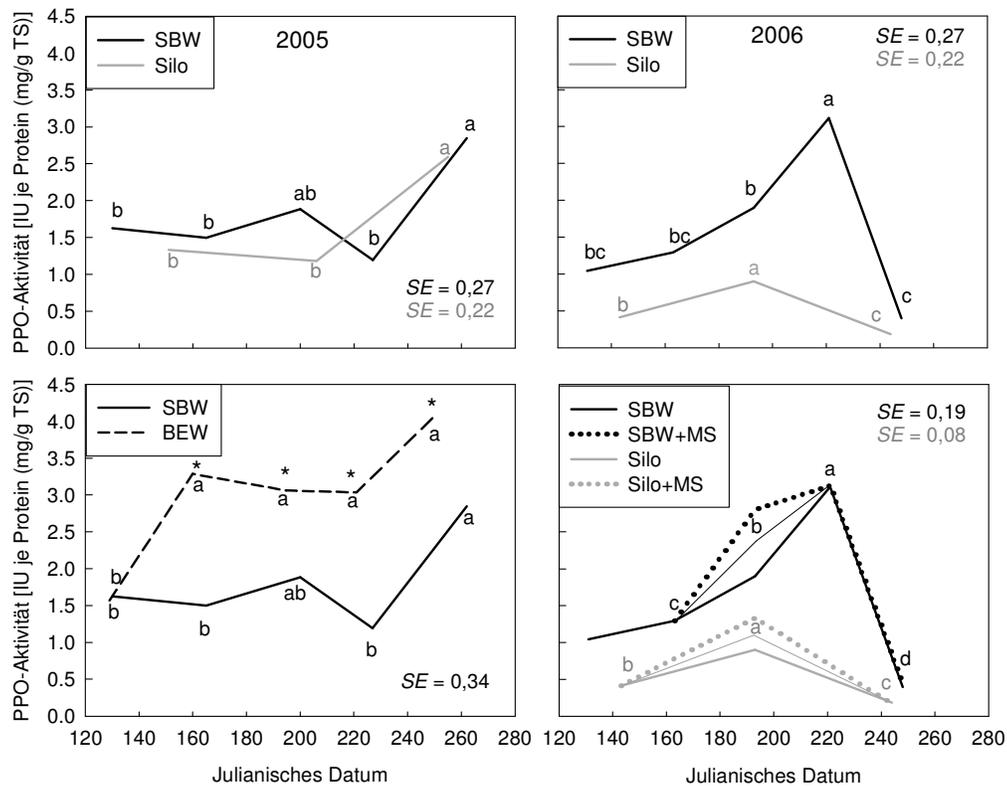


Abb. 1: PPO-Aktivität in Rotklee unter verschiedenen Nutzungssystemen.

Zusammenhang zwischen der PPO-Aktivität und Futterqualitätsparametern

Die Regression der PPO-Aktivität mit den Proteinfractionen zeigte eine signifikante Abnahme der Fraktion A bei steigender PPO-Aktivität ($P < 0,05$) sowohl

beim Genotypenversuch (Mittel über die Genotypen je Standort) als auch bei den Schnittsystemen im Jahr 2006 (Tab. 2). In beiden Datensätzen wurde die PPO-Aktivität auf das BGV bezogen. 2005 lagen diese Daten nicht vor; hier war der beobachtete Zusammenhang ($R^2=-0,29$) für $P<0.06$ signifikant.

Tab. 2: Einfluss der PPO-Aktivität auf die Proteinfractionen in Rotklee.

Fraktion	Genotypen ¹ 2006 (n=36)		Silo, SBW, BEW 2005 (n=13)		Silo, SBW ¹ 2006 (n=8)	
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
A	-0,15 *	61,7	-0,29 ^{ns}	17,6	-0,67 *	22,7
B1	0,36 *	14,2	-0,13 ^{ns}	18,3	<0,01 ^{ns}	19,0
B2	0,22 *	48,5	0,03 ^{ns}	86,1	<0,01 ^{ns}	58,7
B3	-0,09 ^{ns}	36,5	<0,01 ^{ns}	67,2	0,13 ^{ns}	56,7
C	<0,01 ^{ns}	16,2	-0,03 ^{ns}	23,3	0,07 ^{ns}	32,0

¹ Die PPO-Aktivität wurde vor der Regression auf das Blatt-Gewichts-Verhältnis (BGV) bezogen (nicht möglich für die Datenbasis von 2005); signifikante Regressionen ($P<0.05$) sind mit * gekennzeichnet; ns: nicht signifikant.

Insgesamt zeigte sich in den Ergebnissen, dass der Einfluss des Genotyps hinsichtlich der PPO-Aktivität von untergeordneter Bedeutung ist, wogegen eine Variation von Umweltfaktoren im Jahresverlauf sowie unterschiedliche Nutzungssysteme deutliche Veränderungen hervorgerufen haben. Die unter BEW und +MS erhöhten PPO-Aktivitäten können als Stressreaktion der Pflanzen gewertet werden. Die beobachtete Verringerung der Fraktion A bei ansteigender PPO-Aktivität verstärkt die Vermutung der Rolle des Enzyms als beeinflussender Parameter auf die Proteinqualität.

Schlussfolgerungen

Es wurde gezeigt, dass eine Vielzahl möglicher Einflussfaktoren auf die PPO-Aktivität existiert. Rotklee unter entsprechend angepassten Bewirtschaftungssystemen könnte in Konsequenz zu einer Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz in der Wiederkäuerernährung beitragen.

Literatur

- ESCRIBANO, J., CABANES, J., CHAZARRA, S. & GARCÍA-CARMONA, F. (1997): Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45, 4209-4214.
- FAGERBERG, B. (1988): Phenological development in timothy, red clover and lucerne. *Acta Agricultura Scandinavica* 38, 159-170.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, R. M. & VAN SOEST, P. J. (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation in ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347-358.

Futterwert des Deutschen Weidelgrases – nur eine Frage des ontogenetischen Stadiums?

J. Müller*, L. Dittmann**

Universität Rostock, Inst. f. Landnutzung* bzw. Inst. f. Management ländlicher Räume**
Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18059 Rostock; Email: juergen.mueller3@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

In deutschen Sortenprüfungen von Futtergräsern spielen Qualitätsmerkmale ebenso wie in der Zulassungspraxis eine untergeordnete Rolle (ANONYMUS, 2000), obgleich die herausragende Bedeutung eines hohen Futterwertes für die grünlandbasierte Milchviehhaltung hinlänglich bekannt und unstrittig ist (WEIßBACH, 2000). Hauptgrund für diese Situation ist die starke Abhängigkeit der Qualitätsparameter vom ontogenetischen Entwicklungsstand der Sorten, insbesondere im Primäraufwuchs (Daniel *et al.*, 1981). Somit entscheidet der Bewirtschafter mit der Wahl des Schnittzeitpunktes maßgeblich über die Futterqualität. Für den Futterpflanzenzüchter stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, ob es überhaupt ein darüber hinaus gehendes Potential für eine züchterische Einflussnahme auf die Futterqualität gibt.

Im Folgenden soll daher anhand eines mehrjährigen und mehrortigen Sortenversuches mit der Art *Lolium perenne* L. analysiert werden, ob bzw. inwieweit sich die entwicklungsbedingten Effekte auf die Ausprägung futterwertbestimmender Merkmale von der genotypisch determinierten Varianz der Qualitätsmerkmale trennen lassen.

Material und Methoden

Das analysierte Sortenmaterial entstammt dem 1. und 3. Aufwuchs eines dreijährig auf vier unterschiedlichen Standorten in Norddeutschland durchgeführten Vergleiches von charakteristischen Sortentypen (Tab. 1).

Tab. 1: Design des Sortentyp/Schnittregime-Vergleiches

Faktoren	Stufen des Faktors					
	Reifegruppe früh		Reifegruppe mittel		Reifegruppe spät	
Sortentyp / Ploidie	2n	4n	2n	4n	2n	4n
	Talpa	Anton	Fennema	Calibra	Sydney	Tivoli
Schnittregime	3 (jeweils frühe Siloreife einer jeden Reifegruppe für alle RG's)					
Orte	4 (Infeld, Schuby, Dollendorf, Eslohe, 3 Wdhg. je Standort)					
Prüfmerkmale	Ertrag	TS	XP, XF, XA, wKH, in-vitro-VD, Energiedichte			

Die Sortenpaare unterschiedlicher Ploidie sind innerhalb einer jeden Reifegruppe nach Ähnlichkeit im Zeitpunkt des Ährenschiebens und im Ertragsverhalten ausgewählt worden.

Die Beerntung und Feststellung des Ertrages erfolgte auf allen Standorten mit Parzellen-Grünfüttererntern. Eine repräsentative Teilprobe einer jeden Variante wurde bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, auf 1mm vermahlen und mittels NIRS (FAL-EQA 00-02, jährlich validiert) auf die Rohnährstoffgehalte sowie die in-vitro-VD untersucht. Die Berechnung der Energiekonzentration erfolgte nach Weißbach *et al.* 1999.

Die varianzanalytische Verrechnung der Prüfmerkmale wurde mit dem Statistikpaket SPSS, die multivariate Analyse der Qualitätsparameter zusätzlich mit dem Programmpaket PAST vorgenommen. Die Orts- und Jahreseffekte sind in den Varianzmodellen zu einem Faktor ‚Umwelt‘ aggregiert worden.

Ergebnisse und Diskussion

Wie die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen, üben alle Faktoren sowie deren Haupt-Wechselwirkungen einen signifikanten Einfluß auf die Energiedichte aus (Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Merkmal Energiekonzentration (Auszug)

Varianzursache	FG	MQ	Signifikanz ¹	Part. Eta-Quadrat
Sortentyp (S)	5	1.284	***	0,64
Schnittregime (R)	2	23.923	***	0,63
Umwelt (U)	11	10.433	***	0,79
S x R	10	0.145	***	0,27
S x U	55	0.066	**	0,48
R x U	22	1.295	***	0,88

¹⁾ n.s. – nicht signifikant; *** p<0,001; **p<0,01; *p<0,05

Im Hinblick auf die Versuchsfrage ist insbesondere der durch das partielle Eta-Quadrat ersichtliche Befund erwähnenswert, dass vom Sortentyp ein etwa gleichgroßer Effekt auf die Energiekonzentration ausgeht wie von der Variation des Schnittregimes. Die durch den Ort und die vorherrschenden Witterungsverhältnisse des einzelnen Versuchsjahres charakterisierte Umwelt übersteigt in ihrer Wirkung auf die Ausprägung der Energiedichte beide fixe Faktoren geringfügig. Die signifikante Wechselwirkung SxR weist daraufhin, dass die Beurteilung der Energiedichte von Sorten nicht unabhängig vom Schnittregime erfolgen kann. Das wird aber von Autoren aus dem Bereich der Züchtung und Sortenprüfung häufig getan (De Vliegher *et al.*, 1994).

Inwieweit der Sorteneffekt entwicklungsphysiologisch oder anderweitig bedingt ist, lässt sich anhand der varianzanalytischen Befunde jedoch noch nicht sagen. Hierüber soll eine Hauptkomponentenanalyse unter Einbeziehung der wichtigsten Qualitätsmerkmale und des Ertrages der Primäraufwüchse Aufschluß geben

(Abb. 1). Es konnten zwei Hauptkomponenten extrahiert werden, die den Komplex der futterwertbestimmenden Merkmale bereits zu ca. 81 % erklären.

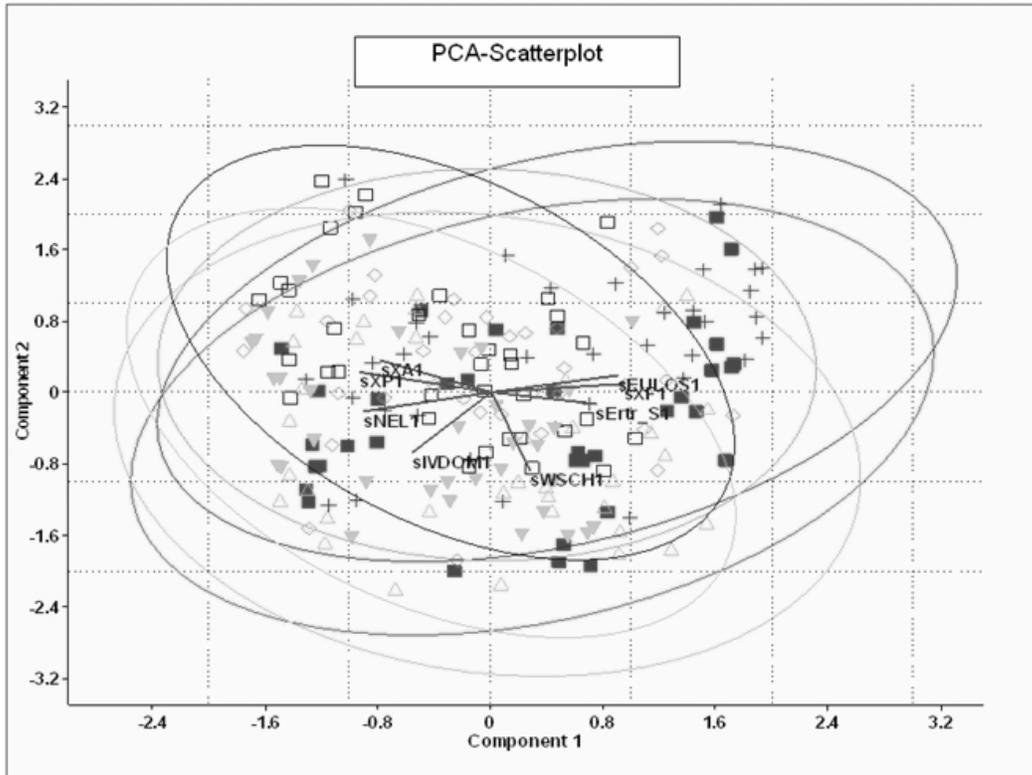


Abb. 1: PCA-Scatterplot der Sortenanordnungen innerhalb der beiden Hauptkomponenten (Ellipsen kennzeichnen Wahrscheinlichkeitsbereiche einer Sorte)

Die unterschiedliche Lage der Ellipsen läßt auf unterschiedliche Qualitätsmuster der einzelnen Sortentypen schließen. Aus der Ausrichtung der einzelnen Qualitätsmerkmale im Scatterplot (Pfeile) läßt sich ersehen, dass sich XP und XA in gleicher Richtung orientieren und ein junges ontogenetisches Stadium anzeigen. Zunehmende Pflanzenentwicklung wird durch die Ertragshöhe, den Gehalt an Rohfaser und EULOS angezeigt. Die Ausrichtung der Verdaulichkeit nach Tilley & Terry (IVDOM) sowie die der wasserlöslichen Kohlenhydrate (wKH) folgt nicht diesem entwicklungs-physiologischen Trend, sondern orientiert sich anders im Vektorraum. Dies ist ein Indiz dafür, dass beide Merkmale für ein Potential der Qualitätsbeeinflussung stehen, welches weniger von der ontogenetischen Pflanzenentwicklung beeinflusst wird.

Um die beiden Hauptkomponenten inhaltlich charakterisieren zu können, müssen deren Korrelationen mit den futterwertbestimmenden Merkmalen betrachtet werden (siehe Abb. 2). Komponente 1 ist durch hohe Korrelationskoeffizienten mit XF, XP und EULOS charakterisiert und läßt sich daher auch als ontogenetische Qualitätskomponente interpretieren. Sie erklärt 62% der Varianz der qualitätsbestimmenden Merkmale. Komponente 2 hingegen wird durch die beiden Merkmale wKH und IVDOM getragen. Sie erklärt 19% der Varianz. Stofflich verbergen sich hinter dieser Komponente offenbar fermentierbare Kohlenhydrate, deren Konzentrationen in der Pflanze weniger von der entwicklungsbedingten Stützgewebebildung abhängen.

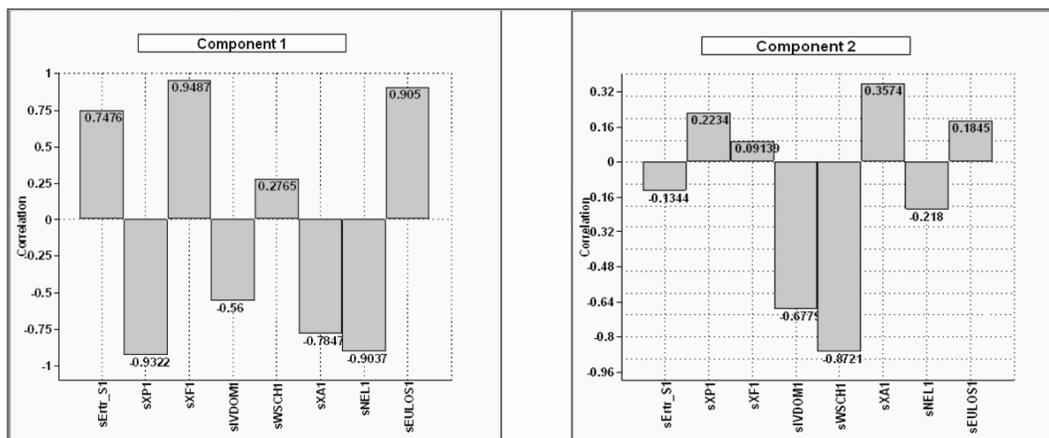


Abb. 2: Korrelation futterwertbestimmender Merkmale mit den beiden Hauptkomponenten der PCA

Schlussfolgerungen

Die durch Unterschiede in der ontogenetischen Entwicklung hervorgerufenen Differenzierungen im Qualitätsmuster charakteristischer Sortentypen des Deutschen Weidelgrases erwiesen sich erwartungsgemäß als dominant. Dennoch lässt sich unter norddeutschen Bedingungen mehr als ein Drittel der Qualitätsdifferenzen nicht allein mit dem Entwicklungsstadium erklären. Etwa ein Fünftel der Varianz im Futterwert gründet offenbar auf Gehalten an spezifischen Kohlenhydraten. Dies kann durchaus als lohnender Handlungsspielraum für züchterische Anstrengungen zur Erhöhung der Futterqualität interpretiert werden.

Literatur

- ANONYMUS (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Hrsg. Bundessortenamt, Landbuch-Verlag Hannover, ISSN 1431–1089
- DANIEL, P., ROTERMUND, M.L., SIMON, U., WERMLE, M. & ZIMMER, E. (1981): Die in-vitro-Verdaulichkeit als Qualitätsmerkmal bei der Sortenbeurteilung von Futtergräsern. *Landbauforschung Völckenrode*, Sonderheft 59, 82 p.
- DE VliegHER, A., CARLIER, L. and VAN WAES, J. (1994): Digestibility of varieties of *Lolium perenne* L. *Workshop Proceedings of the 15th General Meeting of the EGF*, Wageningen 1994, 132-135
- WEIBBACH, F., KUHLA, S., SCHMIDT, L. u. HENKELS, A. (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 8 (1999), S. 72
- WEIBBACH, F. (2000): Silages of good quality as a precondition to feed high-yielding dairy cows. *Archiv f. Tierzucht* 43, 71-76.

Danksagung: Den Versuchsanstellern Dr. Berendonk, Dr. Techow und Dr. Kalzendorf sei für die freundliche Überlassung der Daten an dieser Stelle recht herzlich gedankt.

Methodik von Weideversuchen

R. Schröpel

LVFZ Spitalhof Kempten, Spitalhofstr. 9, D-87437 Kempten
Email: rainer.schroepel@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Das landwirtschaftliche Feldversuchswesen wird weitgehend nach einheitlichen Standards bezüglich Versuchsanlage, Parzellengröße und statistischer Auswertung durchgeführt. Dabei haben sich Grünlandversuche mit Schnittnutzung an die Vorgaben aus dem Ackerbau orientiert. Wenn aber eine Versuchsfrage unter Zuhilfenahme von Weidetieren bearbeitet wird, stehen standardisierte und vergleichbare Versuchsmethoden kaum zur Verfügung. Hinweise für die Durchführung von Weideversuchen finden sich bei VOIGTLÄNDER/VOSS. Zur Frage der automatisierten Tierbeobachtung hat ERNST berichtet.

Es fehlt jedoch eine Zusammenstellung, welche Vor- und Nachteile verschiedene Versuchsanordnungen mit sich bringen, ebenso sind Informationen über geeignete Formen der Weiderestermittlung nicht verfügbar.

Material und Methoden

In mehr als 40-jähriger Versuchsarbeit wurden am LVFZ Spitalhof Kempten eine ganze Reihe von Weideversuchen mit verschiedenen Fragestellungen und unterschiedlicher Versuchsanordnung durchgeführt. In jedem dieser Versuche war es das Ziel, Informationen über die Schmackhaftigkeit des Weidefutters zu bekommen. Alle Versuche fanden am Standort Spitalhof statt.

Standortbeschreibung:

- Höhenlage: 730m/NN
- Niederschlagsmittel: 1300 mm
- durchschnittliche Jahrestemperatur: 6,7 °C
- Bodenart: schluffiger Lehm

Für die Beweidungsversuche ohne freie Auswahl der Versuchsglieder durch die Weidetiere wurden laktierende Kühe aus der Spitalhof-Herde (Rasse Allgäuer Braunvieh) verwendet, für Versuche mit freier Auswahl der Versuchsglieder wurde die Beweidung mit Trockenstehern durchgeführt.

Methoden der Feststellung der Schmackhaftigkeit

- Ermittlung des Weiderestes durch Probeschnitt
- Ermittlung des Weiderestes durch Schätzung
- Tierbeobachtung durch eine Beobachtungsperson und Eintrag der Tätigkeit der Weidetiere (fressen – nicht fressen) in 5-minütigen Abständen
- Verwendung von Fressschreibern

Methoden der Versuchsanordnung

- mit fester Zuteilung der Parzellen (Tabelle 1)

Es wurden jeweils zwei Kühe auf eine Weidefläche von 75 m² aufgetrieben. Der individuelle Einfluss der Weidetiere wurde dadurch ausgeschlossen, dass jeder Kuhgruppe an jedem Weidetag ein anderes Versuchsglied zugeteilt wurde, so dass am Ende einer Weideperiode jede Kuhgruppe eine Weidezeit auf jedem Versuchsglied hatte. Die Weidezeit betrug jeweils 4 Stunden. Der Versuch war als Streifenanlage eingerichtet, um Fahr- und Rangierwege, die eine Gülledüngung nach sich ziehen, zu vermeiden.

Tab. 1: Schema einer Weideführung mit fester Weidezuteilung für eine Kuhgruppe (A – H), bei der jede Kuhgruppe im Laufe der Weideperiode (8 Tage) einmal auf jeder Variante (1 – 8 als Streifenanlage) weidet; Parzellengröße: je 75 m²

G	H	A	Variante 1- 8
H	A	B	
A	B	C	
B	C	D	
C	D	E	
D	E	F	
E	F	G	
F	G	H	
usw. bis 8 Weidetag 2 Weidetag 1			

- mit freier Auswahl der Versuchsglieder (Tabelle 2)
Zeitdauer der Beweidung betrug etwa 48 Stunden; die Beweidung wurde beendet, sobald auf einer der Parzellen ein „vernünftiger“ Weiderest erreicht war. Es wurden pro Jahr drei Beweidungen und zwei Schnittnutzungen durchgeführt.

Tab. 2: Schema einer Weideführung, bei der die Weidetiere innerhalb der Varianten (1 – 4) und der drei Wiederholungen das Futter frei auswählen können; Parzellengröße: je 50 m²

4	2	3	Wdh 1
3	4	1	Wdh 2
1	2	3	Wdh 3

Ergebnisse und Diskussion

Versuchsplanung

Weideeinteilung mit festen Weideparzellen

Sie hatte gegenüber der Versuchsvariante mit der freien Auswahl den Vorteil einer guten Tierbeobachtung, auch bei einer für Weideversuche hohen Anzahl von Versuchsgliedern (in unserem Versuch 8). Ohne deutliche Abtrennung ließe sich eine solche Zahl von Parzellen mit 16 aufgetriebenen Tieren nicht zuordnen. Problematisch erwies sich dieser Versuchsaufbau für eine aussagekräftige Versuchsaussage aus folgenden Gründen:

- Die Weidedauer war strikt auf 4 Stunden fixiert, da die Aufstellung von 8 Tränke-Einrichtungen technisch nicht möglich war.
- da die Kühe keine Auswahl im Futter hatten, waren sie gezwungen, das jeweils vorhandene Weidefutter zu fressen
- für 4 Stunden Weidezeit war der Futteraufwuchs auf der Weidefläche relativ hoch; eine Ausdehnung der Weidezeit war nicht möglich
- hoher organisatorischer Aufwand beim Ein- und Austreiben, wobei darauf geachtet werden musste, dass jede Kuhgruppe jeden Weidetag auf die vorgegebene Fläche getrieben werden musste.
- keine artgerechte Weidehaltung

Freie Auswahl der Versuchsglieder

Die Versuchsplanung bedeutete vor allem eine organisatorische Erleichterung der Versuchsarbeit. Die Versuchstiere mussten nicht für den Austrieb paarweise selektiert und in einer vorgegebenen Reihenfolge in die Versuchsfläche getrieben werden, sondern kamen alle auf die gesamte Weidefläche mit 8 – 12 Parzellen, je nach Versuchsfrage. Die Haltung ist artgerecht, die Tiere haben eine echte Selektionsmöglichkeit, und die Steuerung der Weidezeit nach dem Weiderest ermöglicht eine gute Differenzierung der Futteraufnahme aus den einzelnen Versuchspartellen.

Nachteilig erwies sich bei diesem Verfahren die Tierbeobachtung. Es wurde zwar versucht, während der etwa 48-stündigen Weidezeit in einigen 2-Stunden-Blöcken das Fressverhalten der Weidetiere zu erfassen, doch erwies sich eine Auswertung von nur 10-15% der gesamten Weidezeit als problematisch, zumal die Futteraufnahme während der Nacht sehr hoch war.

Tierbeobachtung

Zur Feststellung der Schmackhaftigkeit wurden zwei Methoden verwendet: die Tierbeobachtung und die Feststellung des Weiderestes.

Die Tierbeobachtung erforderte einen hohen personellen Aufwand, eine lückenlose Beobachtung war nur bei einer Weidezeit von 4 Stunden täglich möglich. Um den personellen Aufwand zu verringern wurden bei einem Weideversuch „Fressschreiber“ eingesetzt. Es zeigte sich sehr rasch, dass die Verwendung solcher Geräte eine ununterbrochene Weidehaltung erforderte, sonst waren die Rüstzeiten für den An- und Abbau der Fressschreiber vor und nach dem Melken sehr hoch. Außerdem war die Auswertung der Fresszeit bei mäßiger Fresslust schwierig. Ferner war eine Zuordnung eines Weidetieres zu einer bestimmten Fläche nicht möglich. Daher ist bei Verwendung eines Fressschreiber bei

freier Auswahl verschieden behandelter Weiden durch die Weidetiere zur Prüfung der Schmackhaftigkeit schwierig.

Ermittlung des Weiderestes

Der Weiderest wurde durch die „Differenzmethode“ ermittelt, d.h. der Weiderest wurde von dem Futteraufwuchs abgezogen, die Differenz (Weideverzehr) galt als Maßstab für die Schmackhaftigkeit des Futters. Voraussetzung für dieses Verfahren war eine relativ kurze Weideperiode, bei der ein Futterzuwachs während der Weidezeit vernachlässigt werden konnte.

Das Problem bei diesem Verfahren lag in der Auswahl der Fläche zur Ermittlung des Weiderestes. Grundsätzlich sollte diese Fläche vorgegeben sein, etwa die Beerntung eines Streifens, der einen bestimmten Abstand von demjenigen Streifen hat, der zu Ermittlung des Weideaufwuchses diente. Bei dieser Methode traten jedoch zwei Probleme auf, die eine exakte Ermittlung des Weiderestes stark beeinträchtigten. Zum einen weideten die Tiere innerhalb einer Versuchsparzelle den Grasaufwuchs nicht gleichmäßig ab, sodass eine vorgegebene Stelle für die Bestimmung des Weiderestes in der Regel nicht repräsentativ war. Zum anderen beeinflussten Kotstellen, die bei der Beerntung des Weiderestes mit erfasst wurden, das Ergebnis sehr deutlich. Als Lösung dieses Problems wurde zunächst nicht die vorgegebene, sondern eine „gerechte“ Auswahl der Fläche zur Bestimmung des Weiderestes ausgewählt, an einer Stelle, die ohne Kotstellen für eine repräsentative Probenahme geeignet erschien. Damit konnte ein brauchbares Ergebnis erzielt werden, das jedoch durch eine Person subjektiv beeinflusst wurde.

Als Ausweg aus dieser schwierigen Situation zwischen exakter Versuchsanstellung und subjektiver Einflussnahme bot sich die Schätzung an. Diese Methode der Schätzung des Weiderestes konnte durch geschulte Personen bei geringem Zeitaufwand und hinreichender Genauigkeit durchgeführt werden. Analog zur Schätzung der Ertragsanteile in einem Pflanzenbestand war eine „Eichung“ durch Probeschnitte möglich.

Fazit

Nach über 40-jähriger Erfahrung mit verschiedenen Verfahren zur Bestimmung der Schmackhaftigkeit eines Futteraufwuchses hat sich eine freie Auswahl der Versuchsglieder durch die Weidetiere und eine Schätzung des Weiderestes als eine Methode herausgestellt, die bei einem vertretbarem Arbeitsaufwand und tiergerechtem Verhalten brauchbare Ergebnisse liefert.

Literatur

VOIGTLÄNDER, G; VOSS, N, 1979: Methoden der Grünlanduntersuchung und –bewertung, Eugen Ulmer Verlag

WERK, O. ERNST, P;1973: Fresszeitbestimmung bei weidenden Rindern mittels Fresszeit-Schreiber; Kali-Briefe, 5. Folge

Die Qualität von konserviertem Wiesenfutter auch ohne Futtermittelanalyse richtig einschätzen

M. Boessinger¹, H. Schüpbach¹ und M. Amaudruz²

¹ AGRIDEA, Tierhaltung & Lebensmittelqualität, CH-8315 Lindau
Email: marc.boessinger@agridea.ch

² AGRIDEA, Production végétale & Environnement, CH-1000 Lausanne

Hilfsmittel zur Einschätzung der Futterqualität

Neben der chemischen Futtermittelanalyse, die in vertretbarem Aufwand Durchschnittswerte des konservierten Wiesenfutters ermöglicht, jedoch eine repräsentative Probennahme voraussetzt, gibt es einige Verfahren, die es dem Landwirt ermöglichen, die Qualität seines stehenden oder konservierten Wiesenfutters auch ohne Futtermittelanalyse einzuschätzen. Eine Zusammenstellung „aktueller Werkzeuge zur Raufutterbewertung in der Schweiz“ wird hierzu von Schüpbach und Boessinger (2006) gegeben. Bezüglich dem Vorgehen und der Zuverlässigkeit der Resultate in der Einschätzung der Futterqualität unterscheiden sich die Verfahren wesentlich. In einfachen Verfahren bezieht sich der Landwirt oftmals nur auf einen Vergleich mit Tabellenwerten. Hierzu versucht er die Qualität seines Wiesenfutters über eine Sinnenprobe zu erfassen und einem tabellierten Grünfutter, Dürrfutter oder einer Grassilage zuzuordnen. Nährwerttabellen, die hierzu Verwendung finden, sind: «Grünes Buch» von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP - aktuell nur in elektronischer Form ab Internet verfügbar - oder entsprechende Tabellen-auszüge, wie z.B. in «Handbuch zum Wirt-Kalender», «Memento agricole» oder «AGFF-Merkblatt Nr. 3; Bewertung von Wiesenfutter».

Soll die Qualität von Wiesenfutter zutreffender eingeschätzt werden, muss eine Mindestmenge an betriebs- bzw. parzellenspezifischen Informationen darüber zur Verfügung stehen und in die Beurteilung Eingang finden. Solche detaillierte Einschätzhilfen, wie zum Beispiel die «Schlüssel zur Einschätzung der Dürrfutter- bzw. der Grassilagequalität» oder der «Ernterapport» verlangen zwar einen Mehraufwand vom Landwirt, der sich aber durch eine mehrheitlich genauere Einschätzung der Futterqualität auszahlt und dem Resultat einer Laboranalyse sehr nahe kommt. Seit Beginn dieses Jahres steht der Praxis und Beratung eine Neuversion des Ernterapportes zur Verfügung, eines Reportsystems, welches bereits in vergangenen Jahren wesentlich zu einer Verbesserung der Wiesenqualität und des konservierten Wiesenfutters beigetragen hat und aktuell zur Qualitätsbeurteilung von Dürrfutter im Rahmen der «Schweizer Dürrfuttermeisterschaft 2008» (Boessinger, Lobsiger, Wyss 2008) zum Einsatz kommt.

Konserviertes Wiesenfutter nach Ernterapport bewerten

Der Ernterapport ist ein einfach anzuwendendes Hilfsmittel zur Einschätzung der Raufutterqualität anhand von Aufzeichnungen, die der Landwirt im Laufe der Grünfütterernte und der Konservierung macht. Die Auswertung erfolgt nachfolgend mit Hilfe eines EDV-Programms durch den landwirtschaftlichen Berater oder den Landwirt selbst. Damit lässt sich ohne Futteranalyse eine sehr gute Einschätzung der Qualität des eingelagerten Dürrfutters oder der Silage erreichen.

Das Prinzip des Ernterapportsystems

Die Raufutterbewertung nach Ernterapport und Nährwerttabelle basiert auf der Einschätzung der botanischen Zusammensetzung und des Nutzungsstadiums von Natur- und Kunstwiesen. Dazu braucht es den Ernterapport, ein Papierformular mit Anleitung zum Ausfüllen, und das AGFF Merkblatt Nr. 3 «Bewertung von Wiesenfutter» der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues.

Die Einschätzungsarbeit wird vom Landwirt am stehenden Grasbestand durchgeführt. Dazu werden während der Ernte und Konservierung des Futters auf dem Ernterapport Daten und Beobachtungen in entsprechenden Spalten fortlaufend protokolliert. Mit dem ausgefüllten Ernterapport kann dann der Nährwert der so eingeschätzten verschiedenen, konservierten Raufutterposten (Dürrfutter, Silagen, Trockengras) mit Hilfe eines EDV-Excel-Programmes durch die Beratungsstelle oder den Landwirt selbst ausgewertet werden. Die notwendigen Einträge im Ernterapport sind: die geerntete Parzelle, das Schnittdatum, die Nutzungsnummer sowie der Pflanzenbestand, das Entwicklungsstadium und die Konservierungsart gemäss dem AGFF-Merkblatt Nr. 3. Zusätzliche Aufzeichnungen wie Lagerraum, Erntemengen und Korrekturen im Konservierungsverlauf ermöglichen präzisere und chargen-bezogene Auswertungen.

Als Unterschied zwischen dem Ernterapport der Deutschschweiz und der Romandie (Französisch sprechende Schweiz), ist es für die Landwirte der Romandie nicht zwingend, das Entwicklungsstadium des Pflanzenbestandes selbst zu bestimmen. Diese Aufgabe übernimmt in der Romandie ein Stab von Beratungskräften, die im Laufe des Frühjahres das Entwicklungsstadium jeweils für verschiedene Regionen und Klimazonen einschätzen und den Kalenderdaten zuweisen. Durch Eintrag von Klimazone, Postleitzahl und Schnittdatum durch den Landwirt, lässt sich bei der Auswertung das entsprechende Nutzungsstadium so automatisch zuordnen.

Fazit und Vorteile des Ernterapportsystems

Der Ernterapport ist einfach und praxisbezogen aufgebaut und ermöglicht rasch verfügbare Resultate. Er ermöglicht die Berechnung von gewogenen Durchschnitten für verschiedene Stöcke, Silos, Schnitte, Parzellen, etc. Dem Landwirt ist damit auch die Möglichkeit gegeben, sein Raufutter nach dem geschätzten Nährwert optimal in der Fütterung einzuplanen und einzusetzen. Aus mehrjährigen Ernterapporten und den Erfahrungen damit lassen sich zudem Verbesserungen für die Konservierungspraxis ablesen und betriebsspezifische Anpassungen ableiten. Voraussetzung für die erfolgreiche Futterqualitätseinschätzung mittels Ernterapport sind gewissenhaft protokollierte Daten und Beobachtungen

des Landwirtes im Ernterapportformular, was zwar für ihn einen gewissen Mehraufwand bedeutet, welcher jedoch durch die Vorteile des Ernterapportsystems - Kostenersparnis, Wegfall der Probennahmeproblematik, Gewinn an Erfahrungswissen, Erkennen des betriebsspezifischen Verbesserungspotenzials in Futterbau, Futterkonservierung und Futterqualität- weitaus wettgemacht wird.

Literatur

SCHÜPBACH, H. UND BOESSINGER, M. (2006): Steckbrief aktueller Werkzeuge zur Grundfutterbewertung; *Kursunterlagen (2006): AGRIDEA-Kurs 06.253; Grundfutterqualität optimieren*

BOESSINGER, M., LOBSIGER, M. UND WYSS, U.: Silier- und Dürrfuttermeisterschaften: Neue Kampagnen im Engagement für hohe Futterqualität. *Tagungsband AGGF-Tagung 2008 (gleicher Band)*

Fettsäurezusammensetzung der Sommer- und Wintermilch in Ökobetrieben bei unterschiedlichem Weide-, Kraftfutter- und Maisanteil in der Fütterung

F. Mersch¹, M. Vormann¹, T. Schöler², E. Leisen¹

¹ Landwirtschaftskammer NRW, Nevinghoff 40, D-48147 Münster,
Email: Edmund.Leisen@LWK.NRW.DE

² ehemals Landwirtschaftskammer Hannover

Einleitung

Bestimmte Fettsäuren sind für den menschlichen Organismus lebenswichtig. So konnte in Versuchen nachgewiesen werden, dass sich Krebs zurückbildete wenn konjugierte Linolsäuren (CLA) verabreicht wurden.

Die Fütterung von Milchkühen hat einen direkten Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Milch und insbesondere auf die Konzentration der darin enthaltenen Fettsäuren (WEISS et al. 2006, WESTERMAIR 2006). Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung der Veränderungen des Milchfettsäuremusters in Abhängigkeit von Fütterungskomponenten in Öko-Milchviehbetrieben aus verschiedenen Regionen Nordrhein-Westfalens.

Material und Methoden

Fütterungserhebung: standardisierter Fragebogen und telefonische Besprechung

(Anmerkung: Kraftfuttermenge wurde zwecks Vergleichbarkeit aus den Einzelkomponenten auf 6,7 MJ Milchleistungsfutter umgerechnet)

Probenumfang und Probenahme: 55 Lieferanten der Molkerei Söbbeke wurden in folgenden Intervallen beprobt:

Fütterungsabschnitt	Winterfütterung	Weideaustrieb	Sommerfütterung
Monate in 2007	Januar u. Februar	April u. Mai	Juni u. Juli

Untersuchungsparameter: Das Fettsäuremuster wurde an der TU in Weihenstephan gaschromatographisch nach der DGF Einheitsmethode bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Fütterung

Die Winterfütterung der Milchkühe in den beteiligten Betrieben setzt sich in erster Linie aus Gras- und Kleegrassilagen zusammen, die durch unterschiedliche Mengen an Mais und/oder Kraftfuttermengen und evtl. durch sonstige Futterkomponenten ergänzt werden. Im Vergleich dazu enthält die Sommerfütterung im

Wesentlichen signifikant höhere Anteile an frischem Gras über Weidenutzung oder Grünfütterung.

Fettsäurezusammensetzung

Die mittleren Gehalte von Fettsäuren für Betriebe mit und ohne Weidegang im April sind in Tabelle 1 a und b für die Monate Januar bis Juli 2007 dargestellt. Der Anteil an gesättigten Fettsäuren in der Milch nimmt vor allem mit Beginn des Weidegangs ab. Die Konzentration an einfach ungesättigten Fettsäuren steigt v.a. ab April, allerdings unabhängig vom Weidegang. Mit einsetzender Beweidung im April bzw. Mai kommt es zu einem deutlichen Anstieg der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA). Ein wesentlicher Grund dafür ist wahrscheinlich das weniger strukturierte Weidefutter im Frühjahr, wodurch sich die Fettsynthese im Pansen ändert und aus reichlich vorkommender Linolsäure konjugierte Linolsäure synthetisiert wird. Begriffe wie „Mai-Gouda“ aus der Vermarktungssprache veranschaulichen diese Zahlen.

Im Juli gibt es bei den mehrfach ungesättigten Fettsäuren allerdings einen deutlichen Rückgang unter die Werte im Winter. Dieser Rückgang zeichnet sich bei der Gruppe mit Weidegang ab April allerdings auch schon ab Mai ab (Tab. 1a).

Tab.1: Weideanteil und Fettsäurezusammensetzung der Milch (g/100 g Milchfett Januar bis Juli 2007) für Betriebe mit und ohne Weidegang im April

a) Mittelwerte Betriebe ohne Weidegang im April (21 Betriebe)

	Januar	Februar	April	Mai	Juni	Juli
durchschnittlicher Weideanteil	0	0	0	40	48	45
gesättigte Fettsäuren (SFA)	73,6	73,2	71,4	69,7	70,1	70,6
einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA)	21,4	22,0	23,7	23,6	23,7	23,8
mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA)	3,4	3,6	3,8	4,2	3,8	3,2
konjugierte Linolsäuren (CLA)	0,8	0,8	0,9	2,4	2,4	2,4
Omega-3 Fettsäuren	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Omega-6 Fettsäuren	1,8	2,0	1,9	1,9	1,6	1,0
Omega-3:6-Verhältnis	2,3	2,2	2,1	1,9	1,7	1,0

b) Mittelwerte Betriebe mit Weidegang im April (27 Betriebe)

	Januar	Februar	April	Mai	Juni	Juli
durchschnittlicher Weideanteil	0	0	41	60	65	63
gesättigte Fettsäuren (SFA)	73,1	72,9	69,1	68,2	68,3	69,1
einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA)	21,4	21,9	25,0	24,3	24,7	24,3
mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA)	3,7	3,8	4,7	4,5	4,1	3,5
konjugierte Linolsäuren (CLA)	0,9	1,0	1,5	2,9	2,9	3,0
Omega-3 Fettsäuren	0,9	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0
Omega-6 Fettsäuren	1,9	1,9	2,1	2,0	1,5	0,9
Omega-3:6-Verhältnis	2,3	2,3	2,0	2,0	1,5	0,9

(Betriebe, für die nicht in allen Monaten Werte vorlagen, gingen in diese Auswertung nicht mit ein)

Ein deutlicher Effekt des Weideganges ist bei den konjugierten Linolsäuren (CLA) erkennbar. Erhöhte Konzentrationen sind schon bei frühem Auftrieb im April zu verzeichnen (1,5 g/100 g Milchfett). Diese Fettsäuregruppe verbleibt bis in den Juli hinein auf höherem Niveau als diejenigen Betriebe, die erst ab Mai beweiden. Diese Werte steigen während der nachfolgenden Weideperiode um etwa das doppelte an. In der Betriebsgruppe mit Weidegang ab Mai ist der Anstieg mit einsetzender Beweidung auch erst im Mai erkennbar, verbleibt aber

bei im Mittel niedrigem Weideanteil insgesamt auf niedrigerem Niveau. Das Verhältnis Omega-3 zu Omega-6 Fettsäuren im Milchfett liegt in den Untersuchungen mit einem Schwankungsbereich zwischen 1:0,9 bis 1:2,3 im optimalen Bereich, denn Werte von < 1:5 werden aus Ernährungssicht als gut erachtet.

Winter- und Sommermilch im Vergleich

Anhand des Fettsäuremusters eines Einzelbetriebes (siehe Tab.2) wird die deutliche Steigerung der konjugierten und Omega-3-Fettsäuren im Jahresverlauf 2007 veranschaulicht. Von diesen ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren konnte in der Julimilch im Vergleich zur Januar- und Februar- milch ein fast doppelt so hoher Anteil an Omega-3-Fettsäuren und ein nahezu dreifach so hoher Wert an konjugierten Fettsäuren (CLA) festgestellt werden. Die Omega-6 Fettsäuren liegen dagegen im Mai auf vergleichbarem Niveau wie im Winter, sinken im Juli beiden Folgemonaten dann deutlich ab.

Tab.2: Fettsäuremuster in der Milch eines Beispielbetriebes in Abhängigkeit von der Fütterung in einzelnen Monaten 2007

Fütterung	Januar	Februar	April	Mai	Juni	Juli
Kraftfutter (kg T/Kuh*Tag)	7,0	7,0	7,0	5,5	3,1	3,1
Mais (kg T/Kuh*Tag)	4,4	4,4	4,4	2,0	5,1	4,3
Weideanteil (%)				50	50	50
Fettsäuren in der Milch (g/100g Milchfett)						
gesättigte Fettsäuren (SFA)	77,36	77,26	72,50	71,99	71,66	72,36
Konjugierte Linolsäuren (CLA)	0,66	0,69	0,77	1,63	1,42	1,65
Omega-3 Fettsäuren	0,79	0,72	0,92	1,06	1,20	1,48
Omega-6 Fettsäuren	1,71	1,75	1,80	1,68	1,68	1,33
Verhältnis Omega-3:Omega-6	2,18	2,43	1,96	1,58	1,40	0,90

In den Abbildungen 1 a) und b) ist beispielhaft die Konzentration der konjugierten Linolsäuren (CLA) und Omega-3 Fettsäuren in der Winter- und Sommermilch dargestellt. Die Aprilwerte werden nicht gezeigt, weil zu dieser Zeit noch nicht alle Betriebe Weidegang hatten. Anhand ihres Weideanteils in der Fütterung wurden die Betriebe in drei Gruppen (wenig/mittel/viel Weide) eingeteilt.

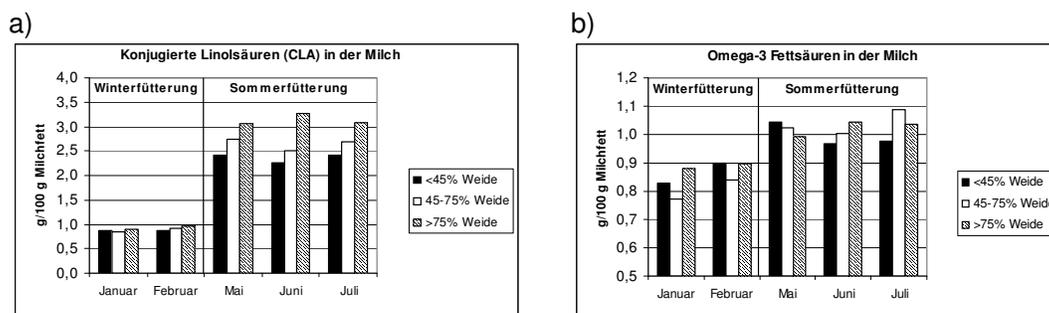


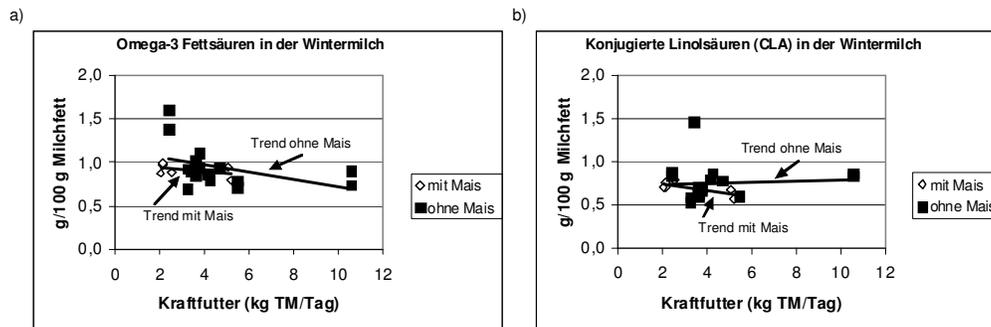
Abb. 1a und b: Konzentration ausgewählter Fettsäuren in der Winter- und Sommermilch

In der Sommermilch ist die Konzentration der konjugierten Linolsäuren (CLA) sowie der Omega-3-Fettsäuren im Vergleich zur Wintermilch höher.

Krafftutter- bzw. Maisanteil in der Fütterung

Berücksichtigt wurden beim folgenden Vergleich ausschließlich Betriebe, die als Krafftutter nur Getreide und/oder Körnerleguminosen einsetzen. Betriebe mit Milchleistungsfutter, dessen Zusammensetzung sehr unterschiedlich sein kann, Sojapülpe oder Extraktionsschroten blieben unberücksichtigt, weil dessen Wirkungen auf das Fettsäuremuster nicht bekannt sind.

In anderen Untersuchungen werden vor allem der Mais und hohe Krafftutteranteile in der Ration als Ursache für geringe CLA bzw. Omega-3 Werte angegeben. Die vorliegende Auswertung des Fettsäuremusters der Wintermilch (Januar und Februar) zeigt dagegen eine große Streuung (siehe Abb. 2 a und b) und keine gerichtete Beziehung, allenfalls tendenziell bei den Omega-3 Fettsäuren eine Abnahme bei zunehmender Krafftuttermenge.



(Betriebe, für die nicht in allen Monaten Werte vorlagen, gingen in diese Auswertung nicht mit ein)

Abb. 2: Ausgewählte Fettsäuren in der Wintermilch in Abhängigkeit vom Krafftutterniveau für Betriebe mit und ohne Maisfütterung

Fazit

In der Sommermilch liegt der Gehalt an ungesättigten Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren (CLA) im Vergleich zur Wintermilch höher. Letzteres wird genauso wie die mehrfach ungesättigten Fettsäuren durch Weidegang angehoben. Gerade der Anstieg der konjugierten Linolsäuren mit ihrer positiven Wirkung z. B. bei Krebserkrankungen ist hervorzuheben. Zudem hat die Vorstellung der „naturnahen“ Milcherzeugung durch Weidegang ein positives Image beim Verbraucher. Dieser Zusammenhang kann eine Chance für Milcherzeuger sein, vor allem wenn es gelingt spezielle Vermarktungsschienen zu entwickeln.

Literatur

WEISS D., KIENBERGER H., EICHINGER H.M.(2006): Fettsäuremuster der Milch in Abhängigkeit praxisüblicher Fütterungsstrategien. Interdisziplinäres Symposium: Omega-3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland. Kempten 2006.

WESTERMAIR T. (2006): Fettsäurezusammensetzung in der Molkereimilch und in Alpmilch. Interdisziplinäres Symposium: Omega-3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland. Kempten 2006.

Ausführliche Versuchsergebnisse: siehe Homepage www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ mit finanzieller Unterstützung des Landes und der EU durchgeführt.

Ökotypen von Welschem Weidelgras aus Schweizer Naturwiesen sind oft leistungsfähiger als empfohlene Zuchtsorten

B. Boller, P. Tanner, F. Schubiger

Agroscope Reckenholz-Tänikon, Research Station ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich, Email: beat.boller@art.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Auf Dauerwiesen milder und feuchter Regionen in der Schweiz wächst das Welsche Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *italicum* Volkart ex Schinz et Keller) besonders gut. Ökotypen, welche von solchen Wiesen stammen, wurden erfolgreich eingesetzt, um Sorten wie AXIS und ORYX zu züchten (Boller *et al.*, 2002). Eine Sammlung aus dem Jahr 1996 von 6 Standorten in der Schweiz brachte Ökotypen hervor, die einen hohen Trockenmasseertrag ergaben und eine vielversprechende Resistenz gegen die Bakterienwelke zeigten (Boller *et al.*, 2005). Die Rostresistenz dieser Pflanzen erwies sich hingegen als eindeutig ungenügend. Unterstützt vom Nationalen Aktionsplan (NAP), der die Erhaltung und die nachhaltige Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen zum Ziel hat, konnte im Jahr 2003 eine umfangreichere Sammlung bestehend aus 30 Ökotyp-Populationen von Welschem Weidelgras angelegt werden. Die Analyse von molekularen Markern zeigte, dass sich 12 Populationen sehr ähnlich waren, und ihre genetische Struktur schien nicht durch standortbezogene Faktoren beeinflusst zu werden (Peter-Schmid *et al.*, 2008). In dieser Studie zeigen wir Ergebnisse zum agronomischen Leistungsertrag von 20 Populationen auf, wovon 12 identisch mit denen der erwähnten molekularen Untersuchung waren. Die agronomische Leistung wurde in Beziehung zu Merkmalen der Sammelstandorte gesetzt. Damit konnten Kriterien gewonnen werden, welche zur gezielten Auswahl von Flächen für die *in situ* Erhaltung genutzt werden können.

Material und Methoden

Die Ökotyp-Populationen wurden in verschiedenen Regionen der Schweiz im Frühsommer 2003 gesammelt. Eine detaillierte Beschreibung des Sammelverfahrens sowie der Sammelstandorte ist in Peter-Schmid *et al.* (2008) zu finden. Die Samen wurden in kleinen Parzellen, welche durch eine Weizenbarriere von mindestens 15 m Breite isoliert waren, vermehrt. Mit dem gewonnenen Saatgut wurden im Frühjahr 2005 Parzellenversuche (6 x 1.5 m Parzellen) mit 20 Ökotypen-Populationen und vier empfohlenen Zuchtsorten (Suter *et al.*, 2002) auf den Versuchsfeldern der Forschungsanstalt ART in Zürich-Reckenholz, Ellighausen und Oensingen (450 bis 550 m ü.M.) angelegt. Sie dienten zur Erhebung des Trockenmasseertrages in den Jahren 2006 (erstes Hauptnutzungsjahr) und 2007 (zweites Hauptnutzungsjahr). Zusätzlich wurden Reihenversuche (3 m Reihen mit 0.5 m Zwischenraum) in Watt bei Regensdorf (450 m ü.M.) und Gibswil (1000 m ü.M.) benotet. Die Krankheitsresistenz und die Vitalität der

Pflanzen wurden jeweils mit Hilfe einer Skala, die von 1 bis 9 führt (9 = Bestnote), bewertet. Alle Daten wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SAS analysiert und ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ökotyp-Populationen variierten signifikant in allen untersuchten Charakteristiken (Tab. 1). Acht Ökotypen produzierten im ersten Erntejahr (YTOTH1) signifikant höhere Erträge als die Zuchtsorten im Mittel. Im zweiten Erntejahr (YTOTH2) warfen sogar 12 Ökotypen einen besseren Ertrag ab als die Zuchtsorten. Der Ökotyp mit dem höchsten Ernteertrag übertraf im Ertrag die ertragreichste Zuchtsorte in beiden Jahren, wobei die Differenz im zweiten Erntejahr signifikant war. 16 Ökotypen wiesen beim ersten Schnitt (YCT1) einen signifikant grösseren Ernteertrag auf als die Zuchtsorten (Mittelwert). Die Erträge der Sommerschnitte (YCT23) einiger Ökotypen waren signifikant kleiner als diejenigen der Zuchtsorten. Diese Beobachtung stand in Beziehung mit der ungenügenden Resistenz gegen die Bakterienwelke (XANT) der Ökotypen. Trotzdem war die Resistenz der Ökotypen gegen die Bakterienwelke im Durchschnitt nur wenig schlechter als diejenige der Zuchtsorten, wobei 6 Ökotypen sogar signifikant bessere Resistenzen aufzeigten. Die Vitalität widerspiegelte generell die Unterschiede im Ertrag, mit Ausnahme, dass die Ökotypen im Sommer in ihrer Vitalität am besten bewertet wurden (VIG23), wobei 9 Ökotypen signifikant besser abschnitten als die beste Zuchtsorte. Ökotypen wiesen eine bemerkenswerte Resistenz gegenüber Schneeschimmel (SNOM) auf; 17 der 20 Ökotypen waren signifikant resistenter als die Zuchtsorten im Mittel. Das Gegenteil zeigte sich bei der Resistenz gegen Blattkrankheiten, wo die Ökotypen weniger resistent als die Zuchtsorten waren. Dies war insbesondere beim Kronenrost (RUST) auffallend: Die Ökotypen zeigten sich ausnahmslos anfälliger als die Zuchtsorten (Mittelwert), wobei 6 Ökotypen als signifikant schlechter bewertet wurden als die anfälligste Zuchtsorte.

Um Kriterien für die zum Ziel gesetzte in situ oder ex situ Erhaltung von pflanzengenetischen Ressourcen von Welschem Weidelgras zu definieren, wurden die Merkmale der Sammelstandorte in Verbindung mit den erhobenen Charakteristiken gebracht (Tab. 2). Dazu wurden zwei verschiedene Methoden angewendet. Mit der ersten Methode wurden Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen der Sammelstandorte und den erhobenen Charakteristiken berechnet. Als zweite Methode wurde ein stufenweises Regressionsmodell zu jedem erhobenen Merkmal angewendet. Die durchschnittliche Distanz vom Sammelstandort zum Versuchsstandort, die Längengrade, der Ca-Gehalt und der Artenreichtum zeigten eine konsistente Beziehung mit mindestens zwei erhobenen Charakteristiken: Böden mit tiefem Ca-Gehalt, welche östlich und nahe den Versuchsstandorten liegen und einen kleinen Artenreichtum aufweisen, beherbergen die besten untersuchten Ökotypen. Die letzte Beobachtung deutet auf einen möglichen Konflikt zwischen der Erhaltung von artenreichen Wiesen als Beitrag zur Biodiversität auf Arten- und Ökosystem-Ebene und der Erhaltung von wertvollen pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft. Ein ähnlicher Konflikt wurde von Peter-Schmid et al. (2008) identifiziert. Dort zeigte sich, dass Ökotyp-Populationen von *Festuca pratensis* aus extensiv bewirtschafteten Habitaten ein reduziertes Vorkommen von seltenen Allelen aufweisen.

Tab. 1: Leistungsmerkmale von 20 Ökotyp-Populationen von Welschem Weidelgras im Vergleich zu 4 empfohlenen Zuchtsorten

¹⁾Ökotyp Pfisterboden wurde als tetraploid identifiziert und von weiteren Auswertungen ausgeschlossen
²⁾TM-Erträge: YTOH1, YTOH2: total 1., 2. Hauptnutzungsjahr; YCT1, YCT2: 1., 2.+3. Schnitt, Mittel 1.+2. Hauptnutzungsjahr.
³⁾Vitalitätsnoten: VIG1, VIG23 1., 2.+3. Schnitt, Mittel 1.+2. Hauptnutzungsjahr; VGEND Ende 2. Hauptnutzungsjahr; VIGH1, VIGH2 Mittel 1., 2. Hauptnutzungsjahr; VGALT in Höhenlage (1000 m a.s.l.)
⁴⁾Resistenzen: SNOM Schneefäule (diverse Pilze); RUST Kronenrost (*Puccinia coronata*); XANT Bakterienwelke (*Xanthomonas translucens* pv. *graminis*); LSPOT *Drechslera* Blattflecken
 Signifikante Unterschiede: a besser als beste Sorte; b besser als Sortenmittel; c schlechter als Sortenmittel; d schlechter als schlechteste Sorte

Herkunft	Erträge (dt/ha) ²⁾						Vitalität (9=beste, 1=schlechteste Note) ³⁾						Krankheitsresistenz (9=beste Note) ⁴⁾			
	YTOTH1	YTOTH2	YCT1	YCT2	YCT3	VIG1	VIG23	VGEND	VIGH1	VIGH2	VGALT	SNOM	RUST	XANT	LSPOT	
Bazenheid	125.3 b	163.9 b	38.8 b	62.1 b	62.1 b	6.78 b	7.72 a	7.33 a	7.20 b	7.36 b	3.75	6.14 b	5.24 c	7.32 b	6.29 c	
Doppleschwand	122.7	158.5 b	39.5 b	59.5	63.2 b	7.24 b	7.59 a	6.61	6.51	6.72	4.50	6.12 b	5.35 c	6.23	6.43 c	
Egg	124.9 b	170.0 a	39.6 b	63.2 b	63.2 b	7.22 b	7.69 a	6.67 b	7.29 b	7.53 b	5.88 b	6.09 b	6.03 c	6.38	6.76	
Egliswil	124.6	165.2 b	37.2	61.8	61.8	6.41	6.93 b	8.28 b	6.78	7.82 a	2.75	5.81 b	5.20 c	7.38 b	7.05	
Gachnang	119.9	155.8	37.7 b	56.0	60.8 b	6.28	7.14 b	6.50	7.20 b	7.16 b	1.25 c	5.87 b	6.59 c	5.38 c	7.05	
Gommiswald	126.0 b	151.5	38.2 b	58.8	60.8 b	6.99 b	6.93 b	6.78	7.14 b	6.42	6.25 b	6.00 b	4.38 d	7.00	5.91 c	
Huetten	125.9 b	154.8	37.1 b	60.0 b	60.8 b	6.56	6.97 b	5.89	7.02 b	6.38	5.00 b	5.73 b	4.59 d	6.96 b	6.54	
Huettingen	122.8	162.2 b	37.9 b	60.8 b	60.8 b	6.11	7.00 b	7.56 b	6.98	7.36 b	2.75	5.91 b	6.24 c	6.80	6.93	
Laenzen	126.3 b	162.5 b	39.3 b	60.4 b	60.4 b	7.44 b	7.92 a	8.11 b	7.91 a	7.64 b	6.50 b	6.64 a	5.54 c	7.11 b	6.51 c	
Latterbach	115.9	146.0	36.8	54.0 c	54.0 c	5.66	6.76	6.28	6.08	6.45	3.50	5.81 b	5.20 c	5.77	6.43	
Littau	124.5	163.9 b	39.1 b	60.7 b	60.7 b	7.32 b	7.47 a	7.11 b	7.34 b	7.34 b	4.88 b	6.31 b	4.76 d	7.15 b	6.84	
Niederumen	124.6 b	159.1 b	38.1 b	61.3 b	61.3 b	7.39 b	7.83 a	7.33 b	7.51 b	7.47 b	5.75 b	6.00 b	4.89 d	7.48 b	6.37 c	
Oberehrendingen	121.7	155.2	37.8 b	56.0	56.0	6.41	7.18 b	6.53	6.68	7.12 b	2.63	6.18 b	6.68 c	5.69	7.22 b	
Pfisterboden ¹⁾	116.4	143.9	34.9	54.5 c	54.5 c	5.41	6.39	5.69	6.08	6.02 c	4.25	5.37	6.38 c	5.61	6.77	
Reichenbach	112.1 c	128.3 d	32.5	50.2 d	50.2 d	5.72	5.89 c	5.28	6.02	5.11 d	2.63	5.09	5.66 c	5.11 c	5.61 d	
Root	124.2	165.4 b	38.7 b	60.2 b	60.2 b	7.32 b	7.59 a	7.78 b	7.24 b	8.00 a	2.50	6.37 b	6.41 c	6.31	7.15	
Tuerlen	123.7	159.6 b	37.8 b	59.8 b	59.8 b	5.89	6.64	7.17 b	6.31	6.91 b	3.63	5.59	6.40 c	6.01	6.88	
Weinigen	125.5 b	161.5 b	37.4 b	59.5	59.5	6.07	7.34 a	7.53 b	7.24 b	7.70 b	2.00	5.93 b	5.82 c	6.08	7.05	
Wernetshausen	126.4 b	159.9 b	40.0 b	60.0 b	60.0 b	7.11 b	7.94 a	7.11	7.22 b	7.49 b	6.00 b	6.37 b	4.78 d	6.59	6.78	
Wolhusen	120.9	146.1	38.1 b	55.5	55.5	6.41	7.18 b	5.69	6.61	6.17	2.63	6.06 b	5.00 d	5.61	6.19 c	
Ökotyp-Mittel	122.7	156.7	37.8	58.7	58.7	7.60	7.20	6.91	6.92	7.01	3.95	5.97	5.56	6.40	6.64	
ABERCOMO	115.7	157.1	31.8 c	61.1 b	61.1 b	5.32 c	6.09	7.61 b	5.94	7.09	2.50	4.50 c	6.62	4.92 c	6.36 c	
AXIS	114.8	147.0	31.6 c	57.5	57.5	5.17 c	5.86 c	5.89	6.58	6.07 c	1.38 c	5.14	8.59 b	7.32	7.10	
BARLIZZY	125.3 b	147.2	38.1 b	55.6	55.6	7.07 b	6.64	6.11	7.01 b	6.35	4.88 b	6.12 b	5.62	6.84	6.98	
ORYX	122.4	149.4	37.3 b	55.4	55.4	6.61	6.81	6.17	6.87	6.67	3.50	5.77	8.13 b	6.22	6.90	
Sorten-Mittel	119.5	150.2	34.7	57.4	57.4	7.61	6.35	6.44	6.60	6.54	3.06	5.38	7.24	6.33	6.84	

Tab. 2: Beziehung zwischen ausgewählten Leistungsmerkmalen (siehe Tab. 1) und Standortdaten für 19 Ökotypen von Welschem Weidelgras: Pearson's Korrelationskoeffizienten sowie Vorzeichen und Rangierung (*kursiv*) signifikanter Variablen der stufenweisen Regressionsanalyse

Standortdaten	Erträge (dt/ha)		Vitalität (9=Bestnote)			Krankheitsresistenz (9=beste)		
	YTOTH1	YTOTH2	VIGH1	VIGH2	VIGALT	SNOM	RUST	XANTH
Geographische Daten								
Distanz zu den Versuchsorten	-0.77	-0.73 <i>-1</i>	-0.59	-0.64 <i>-1</i>	-0.44 <i>-1</i>	-0.45		
Längengrad	0.63	0.51	0.70 <i>+1</i>					0.52 <i>+1</i>
Breitengrad	0.54	0.56	0.48	0.57			-2	
Meereshöhe					0.50			
Neigung			-2	-2				
Bodendaten								
pH	-0.47				-0.60			
P Gehalt							+2	
Ca Gehalt	-0.84 <i>-1</i>	-0.66	-0.70 <i>-3</i>	-0.56		-0.61 <i>-1</i>		
Mg Gehalt							0.55 <i>+1</i>	
Gehalt an organischem C	-0.57							
Tongehalt			-4					
Vegetationsdaten								
Bestandesanteil W. Weidelgras								0.58 <i>+2</i>
Artenreichtum		-0.51 <i>-2</i>	-0.48	-0.59 <i>-3</i>				-0.60

Schlussfolgerungen

Diese umfassenden Resultate machen auf das grosse agronomische Potenzial von Ökotypen von Welschem Weidelgras aufmerksam. Die besten Ökotypen, wie Laenzen und Niederurnen, übertrafen die Mittelwerte aller Ernteerträge, der Vitalität sowie der Resistenzen gegenüber Schneeschimmel und Bakterienwelke der Zuchtsorten signifikant. Es lohnt sich also, diese Ökotypen in der Züchtung einzusetzen. Allerdings muss dabei ihre extrem hohe Anfälligkeit für Kronenrost reduziert werden.

Literatur

- BOLLER, B., SCHUBIGER, F. X., TANNER, P. (2002): Oryx und Rangifer, neue Sorten von Italienischem Raigras. Agrarforschung 9: 260-265.
- BOLLER, B., SCHUBIGER, F. X., TANNER, P., STRECKEISEN, P., HERRMANN, D., KÖLLIKER, R. (2005): La diversité génétique dans les prairies naturelles suisses et son utilisation en sélection. Fourrages 182: 245-262.
- PETER-SCHMID, M.K.I., BOLLER, B., KÖLLIKER, R. (2008): Habitat and management affect genetic structure of *Festuca pratensis* but not *Lolium multiflorum* ecotype populations. Plant Breeding (in press).
- SUTER, D., BRINER, H.-U., MOSIMANN, E., BERTOSSA, M. (2002): Liste der empfohlenen Sorten von Futterpflanzen 2003-2004. Agrarforschung 9: I-XVI.

Effekte unterschiedlicher Sorten von *Lolium perenne* L. auf die botanische Zusammensetzung von Gras-Klee-Mischungen

D. Suter, H.U. Briner, A. Lüscher

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich,
Email: daniel.suter@art.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Unter mäßiger Stickstoffdüngung zeichnen sich Gras-Klee-Mischungen im Vergleich zu Grasmonokulturen durch höhere Erträge (KIRWAN *et al.*, 2007), erhöhte Futteraufnahme (ROCHON *et al.*, 2004) und einen ausgeglichenen Wachstumsverlauf über die Jahreszeiten aus (ELGERSMA *et al.*, 1998). Zusätzlich versorgt der Klee das System Boden-Pflanze mit beachtlichen Mengen Stickstoff aus der Luft (BOLLER und NÖSBERGER, 1987).

Um den Züchtungsfortschritt bestmöglich ausnützen zu können, sucht die Sortenprüfung nach den besten Sorten für die Futterproduktionsanforderungen unter Berücksichtigung von klimatischen, edaphischen und produktionssystembezogenen Bedingungen. Die daraus entstehende Liste empfohlener Sorten bildet die Grundlage für Gras-Klee-Mischungen.

Die Möglichkeit, verschiedenste Futterpflanzenarten untereinander kombinieren zu können, gestattet es, Mischungen zu erzeugen, die an gegebene Umweltbedingungen und Nutzungssysteme angepaßt sind (SUTER *et al.*, 2004). Die botanische Zusammensetzung eines Pflanzenbestandes wird hauptsächlich durch die Konkurrenz zwischen den Pflanzenarten beeinflusst. Da sich die Kampfkraft zwischen den einzelnen Sorten einer Art stark unterscheiden kann (SUTER *et al.*, 2006), ist auch von der Sortenwahl ein Einfluß auf die botanische Zusammensetzung zu erwarten.

Die Beantwortung folgender Fragen steht somit im Vordergrund:

- i) Wie groß ist der Leistungsgewinn neuer Sorten, verglichen mit älteren Sorten und
- ii) wie stark wird die botanische Zusammensetzung von Gras-Klee-Mischungen durch die Verwendung neuerer Sorten beeinflusst?

Material und Methoden

Vier Sorten von *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras) wurden an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon in Zürich, Schweiz untersucht. Die Sorten unterschieden sich in den Jahren ihres Ersteintrages in die Liste der empfohlenen Sorten: die „alten“ Sorten „Merlinda“ (frühe Sorte, Empfehlung 1991) und „Condesa“ (späte Sorte, Empfehlung 1986) und die „neuen“ Sorten

„Arvicola“ (frühe Sorte, Empfehlung 1996) und „Alligator“ (späte Sorte, Empfehlung 2001). Die einzelnen Sorten wurden in zwei unterschiedlichen Mischungstypen angebaut (Tab. 1):

- i) In einer einfachen Mischung in Konkurrenz mit zwei Kleearten (*Trifolium pratense* L. und *Trifolium repens* L.)
- ii) In einer komplexeren Mischung mit den beiden Kleearten und den Gräsern *Poa pratensis* L., *Festuca rubra* L. und *Phleum pratense* L.

Der Versuch wurde vollständig randomisiert in vier Blöcken angelegt. Die Parzellengröße betrug 6 × 1,5 Meter. Zu Beginn der Vegetationsperiode wurden 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ und 240 kg K₂O ha⁻¹ gedüngt. Jeder der fünf Aufwüchse pro Jahr erhielt eine Düngergabe von 25 kg N ha⁻¹ als NH₄NO₃. Die Bestände wurden auf einer Höhe von 8 cm gemäht. Im dritten Versuchsjahr wurde die botanische Zusammensetzung analysiert: Von jeder Parzelle wurden Stichproben von je ca. 1 kg frischer Pflanzenmasse nach dem Zufallsprinzip gezogen und anschließend in *L. perenne*, andere Gräser und Klee aufgetrennt.

Tab. 1: „Neue“ bzw. „alte“ Sorten von *Lolium perenne* L. in Mischungen mit Klee (*Trifolium pratense* L. und *Trifolium repens* L.): Einfache Mischungen und komplexe Mischungen mit drei zusätzlichen Gräserarten.

Art	Sorte	Saatedichte (kg ha ⁻¹)					
		einfach				komplex	
<i>Trifolium pratense</i> L.	<i>Merviot</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Trifolium repens</i> L.	<i>Regal</i>	2,5	2,5	2,5	2,5		
	<i>Seminole</i>					2,0	2,0
	<i>Sonja</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0
<i>Lolium perenne</i> L. (früh)	<i>Merlinda</i> („alt“)	12,0				5,0	
	<i>Arvicola</i> („neu“)		12,0				5,0
<i>Lolium perenne</i> L. (spät)	<i>Condesa</i> („alt“)			12,0		5,0	
	<i>Alligator</i> („neu“)				12,0		5,0
<i>Poa pratensis</i> L.	<i>Lato</i>					10,0	10,0
<i>Festuca rubra</i> L.	<i>Echo</i>					5,0	5,0
<i>Phleum pratense</i> L.	<i>Richmond</i>					3,0	3,0
total		17,0	17,0	17,0	17,0	32,0	32,0

Ergebnisse und Diskussion

Der Trockensubstanzertragsanteil von *L. perenne* in den einfachen Mischungen war unter Verwendung „neuer“ Sorten mit 54 % signifikant ($P < 0,001$) größer als in den Mischungen mit „alten“ Sorten (34 %) (Abb. 1). Dieser Unterschied war bei den Mischungen mit frühen Sorten von *L. perenne* weit ausgeprägter als bei denjenigen mit späten Sorten. Der höhere Ertragsanteil der „neuen“ Sorten zeigt deren verbesserte Konkurrenzkraft gegenüber Kleearten. Der hohe Ertragsanteil im dritten Versuchsjahr weist auch auf eine bedeutend verbesserte Ausdauer hin. Ähnliche Unterschiede zwischen „alten“ und „neuen“ Sorten wurden auch in anderen Versuchen mit *Dactylis glomerata* L. (LEHMANN *et al.*, 1997) und *Festuca pratensis* Hudson (LEHMANN *et al.*, 1998) gefunden. Eine der

Ursachen für die verbesserte Konkurrenzkraft könnte die raschere phänologische Entwicklung sein (LEHMANN *et al.*, 2001). Zusätzlich dürfte eine verbesserte Winterhärte eine wichtige Rolle gespielt haben (LEHMANN *et al.*, 2001). Die Tatsache, daß die „neuen“ Sorten einen höheren Ertragsanteil erreichen als die „alten“ Sorten, sichert die Übertragung des genetischen Fortschrittes der „neuen“ Sorten auf die Gras-Klee-Mischungen. In einem Mischungssystem, welches ausschließlich auf empfohlenen Sorten aufbaut, ist die Zusammensetzung der empfehlenden Sortenliste deshalb von größter Wichtigkeit.

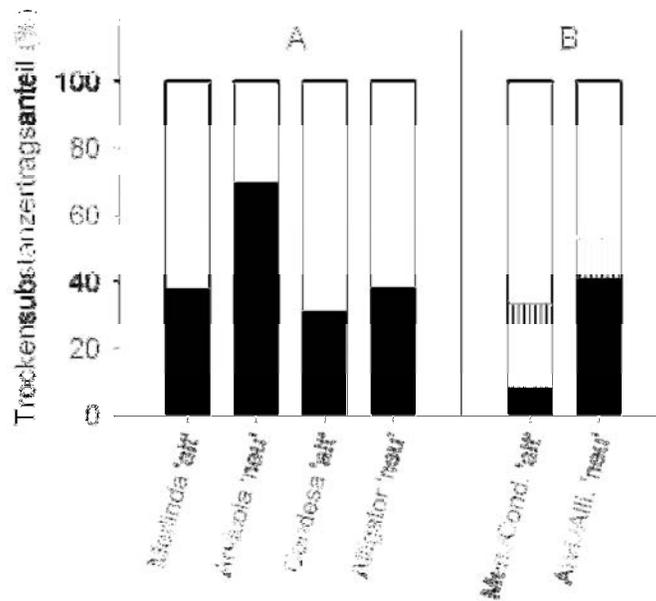


Abb. 1: Ertragsanteil von „neuen“ und „alten“ Sorten von *Lolium perenne* L. in Mischung mit Klee (*Trifolium pratense* L. und *Trifolium repens* L.): A) in einfachen Mischungen und B) in komplexen Mischungen mit drei zusätzlichen Gräserarten. Daten vom dritten Versuchsjahr. Gefüllte Balken = *L. perenne*, offene Balken = Klee, vertikale Schraffur = andere Gräserarten.

Die „neuen“ Sorten von *L. perenne* wiesen in komplexen Mischungen einen signifikant ($P < 0,001$) höheren Ertragsanteil (41 %) als die „alten“ Sorten (8 %) auf (Abb. 1). Dies zeigt, daß die in einfachen Mischungen mit *T. pratense* und *T. repens* festgestellte Leistungsverbesserung der „neuen“ Sorten auch in komplexeren Gras-Klee-Mischungen ihre Wirkung entfalten konnte. Mit den „neuen“, konkurrenzkräftigeren, ausdauernderen Sorten konnte auch die für drei- und mehrjährige Mischungen typische Ablösung von *L. perenne* durch die anderen Gräser der Mischung (SUTER *et al.*, 2004) hinausgezögert werden. Der Ertragsanteil vom *L. perenne* kann somit einen direkten Einfluß auf die Futterqualität des Mischbestandes haben: Da sich beispielsweise mit *L. perenne* bessere Silage als mit anderen Grasarten erzeugen läßt (WYSS, 2006), wird ein hoher Anteil *L. perenne* im Bestand bevorzugt. Obwohl ein hoher Ertragsanteil von *L. perenne* vorteilhaft ist, zeigt die durch die Verwendung „neuer“ Sorten hervorgerufene starke Veränderung der botanischen Zusammensetzung, daß das Gleichgewicht im Bestand stark beeinflußt werden kann. Um unerwünschte

Änderungen der botanischen Zusammensetzung einer Mischung wie zum Beispiel einen zu tiefen Leguminosenanteil zu vermeiden, muß bei Verwendung einer neu empfohlenen Sorte die Mischungsrezeptur an die veränderten Konkurrenzverhältnisse angepaßt werden.

Schlußfolgerungen

- i) Die stetige Verbesserung des Sortimentes empfohlener Sorten durch Einbezug neuerer, besserer Sorten erhöht das Potential der darauf aufbauenden Gras-Klee-Mischungen.
- ii) Die Zusammensetzung von Gras-Klee-Mischungen ist dauernd an die Konkurrenzkraft neu empfohlener Sorten anzupassen.

Literatur

- BOLLER B. und NÖSBERGER J. (1987): Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. *Plant and Soil* 104, 219-226.
- ELGERSMA A., NASSIRI M. und SCHLEPERS H. (1998): Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 1. dry-matter yield, species composition and nitrogen fixation. *Grass and Forage Science* 53, 353-366.
- KIRWAN L., LÜSCHER A., SEBASTIÀ M.T., *et al.* (2007): Evenness drives consistent diversity effects in an intensive grassland system across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95, 530-539.
- LEHMANN J., BRINER H.U. und MOSIMANN E. (1998): Rotklee- und Wiesenschwingelsorten in Prüfung. *Agrarforschung* 5, 177-180.
- LEHMANN J., BRINER H.U., MOSIMANN E. und CHALET C. (2001): 71 Sorten von Englischem Raigras im Test. *Agrarforschung* 8, 130-135.
- LEHMANN J., SCHUBIGER F.X., BRINER H.U. und MOSIMANN E. (1997): Neue empfohlene Knaulgras- und Rohrschwingelsorten. *Agrarforschung* 4, 251-254.
- ROCHON J.J., DOYLE C.J., GREEF J.M., HOPKINS A., MOLLE G., SITZIA M., SCHOLEFIELD D. und SMITH C.J. (2004): Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* 59, 197-214.
- SUTER D., BRINER H.U., JEANGROS B., MOSIMANN E. und BERTOSSA M. (2006): Liste der empfohlenen Sorten von Futterpflanzen 2007-2008. *Agrarforschung* 13 (9), I-XVI.
- SUTER D., ROSENBERG E. und MOSIMANN E. (2004): Standardmischungen für den Futterbau, Revision 2005-2008. *Agrarforschung* 11, 1-12.
- WYSS U. (2006): Silierbarkeit und Silagequalität von Gräsern und Leguminosen. *Agrarforschung* 13, 442-447.

Zur Verdaulichkeit von Hoch-Zuckerreichem Gras – Ergebnisse aus nordostdeutschen Sortenversuchen

H. Jänicke

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern,
Institut für Tierproduktion, Wilhelm - Stahl - Allee 2, D-18196 Dummerstorf;
Email: h.jaenicke@lfa.mvnet.de

Einleitung und Problemstellung

Die seit einigen Jahren als Hoch-Zuckerreiches Gras (=HZG) angesprochenen Sorten bei *Lolium perenne* sollen sich gegenüber den bisher bekannten Sorten neben deutlich höheren Zuckergehalten und günstigerer Proteinausnutzung durch eine höhere Verdaulichkeit auszeichnen. Höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und eine höhere Verdaulichkeit der Trockenmasse ermittelten für HZG-Sorten im Vergleich zu anderen Sorten MILLER ET AL. (2001), GILLILAND ET AL. (2003) und MOORBY ET AL. (2006). HUMPHREYS (1989) hebt die positive Korrelation zwischen wasserlöslichen Kohlenhydraten und Verdaulichkeit der Trockenmasse hervor. Ob diese Hoch-Zuckerreichen Gräser auf nordostdeutschem Niedermoorgrünland und unter Praxisbedingungen eine höhere Verdaulichkeit aufweisen und ob Differenzen zwischen den Sorten praxisrelevant sind, dazu fehlt es bisher an aussagefähigen Daten.

Die späte Sorte ABERAVON wurde in einem über fünfjährigen Sortenversuch gezielt untersucht und mit Referenzsorten verglichen. Ergebnisse wurden dazu mitgeteilt (ANONYMUS 2008, 2007 UND 2006, JÄNICKE 2005 UND 2007). Dabei blieb die Frage der Verdaulichkeit bisher unberücksichtigt. Sie soll im Folgenden behandelt werden.

Material und Methoden

Für diese Untersuchungen wurden Sortenversuche auf dem Niedermoorgrünland der Raminer Agrar GmbH & Co.KG (Uecker-Randow-Kreis) genutzt, wie in einem weiteren Beitrag im vorliegenden Tagungsband, „Hoch-Zuckerreiches Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort – fünfjährige Ergebnisse“, beschrieben. In Tabelle 1 sind die für den Vergleich ausgewählten Sorten aufgeführt.

Die Analysen zu den Futterwertparametern wurden nach VDLUFA-Methoden im Labor der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Die Untersuchung auf den Gehalt an Enzymlöslicher organischer Substanz (ELOS) erfolgte nach De BOEVER. Die Enzymunlösliche organische Substanz (EULOS in g/kg TS) wurde berechnet (EULOS = 1000 – Rohasche – ELOS).

Tab. 1: Zur Ermittlung der Futterqualität ausgewählte Sorten, *Lolium perenne*, späte Reifegruppe, Ansaat 2002, Niedermoor

Sorte	Ploidie	Ährenschieben*	Abkürzung
HZG-Sorte (ABERAVON)	diploid	61	HZG 61
Vergleichssorte (GLADIO)	diploid	63	di 63
Vergleichssorte (NAVARRA)	tetraploid	62	t 62
Vergleichssorte (TIVOLI)	tetraploid	66	t 66

* nach Einstufung Bundessortenamt (Liste 2005) – Ährenschieben in Tagen nach dem 1. April

Die Berechnung der Verdaulichkeit der organischen Masse erfolgte nach WEIßBACH ET AL. (1999) wie folgt:

$$\text{DOM (\%)} = 100 \times (940 - \text{XA} - 0,62 \times \text{EULOS} - 0,000221 \times \text{EULOS}^2) / (1000 - \text{XA})$$

Ergebnisse und Diskussion

In den Tabellen 2 bis 4 sind jeweils die Mittelwerte aus den vier Aufwüchsen eines Jahres dargestellt, mit Ausnahme des Jahres 2003 (ohne 2. Aufwuchs). Je Sorte und Aufwuchs wurden die vier Wiederholungen im Sortenversuch (Blockanlage) geschnitten und im Labor analysiert.

Tab. 2: Enzymlösliche Organische Substanz (ELOS in % der TS) in Abhängigkeit von der Sorte, Frischgras, Mittelwerte (n= 16)

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	MW
Sorte	ELOS (in % der TS) nach DE BOEVER					
HZG 61	76,9	80,1	74,1	73,2	77,3	76,3
di 63	75,1	77,7	72,4	70,8	73,7	73,9
t 62	74,5	77,3	73,2	71,9	75,6	74,5
t 66	73,6	78,2	72,8	71,7	74,9	74,2

Tab. 3: Enzymunlösliche organische Substanz (EULOS in g/kg TS) in Abhängigkeit von der Sorte, Frischgras, Mittelwerte (n= 16)

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	MW
Sorte	EULOS in g/kg TS (berechnet mit XA laut Analyse)					
HZG 61	126	106	169	168	143	142
di 63	136	122	184	192	171	161
t 62	134	114	169	179	152	150
t 66	146	110	174	175	157	153
Sorte	EULOS in g/kg TS (berechnet mit XA = 90 g/kg TS)					
HZG 61	128	106	169	170	142	143
di 63	140	123	184	194	171	162
t 62	138	117	171	181	152	152
t 66	151	113	176	179	158	155

Die HZG-Sorte erreichte auch in den einzelnen Aufwüchsen mehrfach die höchsten ELOS- und DOM-Werte, durchschnittlich um 3 bis 1 Prozentpunkt höher als die Vergleichssorten bzw. lag mit den übrigen Sorten auf einem Niveau. Für die Gehalte an Enzymunlöslicher organische Substanz (EULOS) waren im Mittel bis zu 20 g/kg TS günstigere Werte für die HZG-Sorte auszuweisen. Differenzen zwischen den Sorten erscheinen in ihren absoluten Werten gering, bedürfen jedoch der Beurteilung aus Sicht der Tierernährung bzw. hinsichtlich der Relevanz für die praktische Fütterung.

Beim Vergleich der Sorten mit Hilfe des Parameters EULOS ist der Einfluss des Rohaschegehaltes (XA) bei der Berechnung wirksam. Es wurde den auf Basis der tatsächlich im Labor ermittelten Analysedaten errechneten EULOS-Werten eine Berechnung mit konstantem Rohaschegehalt gegenübergestellt (Tabellen 3), um eventuelle Benachteiligungen einzelner Sorten bei dieser Betrachtungsweise zu vermeiden.

Für die Interpretation der Werte ist zu berücksichtigen, dass der Erntetermin überwiegend dem betrieblichen Nutzungsregime anzupassen war und die Ernte technisch bedingt jeweils für alle Sorten am gleichen Tag vorgenommen wurde. Der Einfluss des jeweiligen Schnitzeitpunktes ist gravierend. Erwartungsgemäß waren längere Aufwuchszeiten mit geringeren Verdaulichkeiten verbunden. Die ermittelten Daten stehen also für eine praxisübliche Bewirtschaftung und zeigen, in welcher Größenordnung der züchterische Fortschritt bzw. Differenzen zwischen einzelnen Sorten praxiswirksam werden können.

Tab. 4: Verdaulichkeit der organischen Substanz (DOM in %) in Abhängigkeit von der Sorte, Frischgras, Mittelwerte (n= 16)

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	MW
Sorte	DOM in % (berechnet mit XA laut Analyse)					
HZG 61	84,2	85,9	81,1	80,9	83,3	83,1
di 63	83,2	84,5	79,9	79,1	81,0	81,5
t 62	83,3	84,9	80,9	80,0	82,4	82,3
t 66	82,3	85,3	80,6	80,2	82,0	82,1

Schlussfolgerungen

Sorteneffekte bezüglich der Verdaulichkeit verdienen stärkere Beachtung bei der Beurteilung der Sorten. Die Anstrengungen seitens der Pflanzenzüchtung, für die Fütterung relevante Qualitätsparameter in den Gräserarten zu verbessern, sind unbedingt zu begrüßen. Der Nutzungszeitpunkt ist von entscheidender Bedeutung für die Verdaulichkeit und kann potentielle Sortenunterschiede völlig überdecken.

Die weitere Bearbeitung der Thematik HZG-Sorten ist vorgesehen, um zu gesicherten Aussagen zu kommen. In Sortenversuchen mit bisher kürzerer Laufzeit werden weitere Daten zu ABERAVON erhoben, da unbedingt mehrere Orte und verschiedene Versuchsjahre in die Bewertung einzubeziehen sind.

Literatur

- ANONYMUS (2006): Jahresbericht zur Futterproduktion 2006 – Ergebnisse des Jahres 2005. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow. S. 22-24.
- ANONYMUS (2007): Jahresbericht zur Futterproduktion 2007 – Ergebnisse des Jahres 2006. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow. S. 28-30.
- ANONYMUS (2008): Jahresbericht zur Futterproduktion 2008 – Ergebnisse des Jahres 2007. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow. S. 23-25.
- GILLILAND, T.J., P.D. BARRETT, R.E. AGNEW, A.M. FEARON AND F.E.A. WILSON (2003): Variation in herbage quality and grazing value traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. Votr. Pflanzenzüchtg. 59, 11-19.
- HUMPHREYS, M.O. (1989): Water-soluble carbohydrates in perennial ryegrass breeding. III. Relationships with herbage production, digestibility and crude protein content. Grass and Forage Science, 44, 423-430.
- JÄNICKE, H. (2005): Hoch-Zuckerreiches-Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort - erste Ergebnisse. Mitt. d. AG Grünland u. Futterbau Bd. 7, S. 127-130.
- JÄNICKE, H. (2007): Hoch-Zuckerreiches-Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort - vierjährige Ergebnisse. Mitt. d. AG Grünland u. Futterbau Bd. 9, S. 52-56.
- MILLER, L.A., J.M., MOORBY, D.R. DAVIES, M.O. HUMPHREYS, N.D. SCOLLAN, J.C. MACRAE AND M.K. THEODOROU (2001): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation cows. Grass and Forage Science, 56, 383-394.
- MOORBY, J.M., R.T. EVANS, N.D. SCOLLAN, J.C. MACRAE AND M.K. THEODOROU (2006): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. Grass and Forage Science, 61, 52-59.
- WEIBBACH, F., S. KUHLA, L. SCHMIDT UND A. HENKELS (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 8, 72.

Vergleich verschiedener Kleegrasmischungen im ökologischen Landbau anhand der Wurzel- und Sprossleistung

M. Braun¹, H. Schmid², T. Grundler¹

¹ Fachhochschule Weihenstephan, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft
D-85350 Freising; Email: micha.braun.85@gmx.de

² Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU
München, Alte Akademie 12, D-85350 Freising

Einleitung und Problemstellung

Die Futterleguminosen übernehmen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben die Rolle der Versorgung des Bodens mit Stickstoff (symbiotische N₂-Fixierung) und Kohlenstoff (Zufuhr organischer Substanz). Zudem stellen Klee-grasgemenge für viehhaltende Betriebe eine wertvolle Futterbasis dar. Von allen Kulturarten fördert der Klee-grasanbau die Bodenfruchtbarkeit am nachhaltigsten und viele umweltrelevante Wirkungen werden ihm zugeschrieben.

Zur Ermittlung der Wurzel- und Sprossleistungen unterschiedlich zusammengesetzter Klee-grasmischungen wurde ein Feldversuch angesetzt. Mit den Ergebnissen soll ein Beitrag zur Optimierung von Klee-gras-Gemengen im Hinblick auf Wurzeleistung, Sprossertrag, Artenvielfalt und Tiergesundheit geliefert werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2007 auf dem Bioland-Betriebes Braun, südlich von Freising, am Rande der Münchner Schotterebene (Bodenart: UT-Tu, mittlere Jahrestemperatur: 7,6 °C, mittlerer Jahresniederschlag: 800 mm) im Rahmen einer zweifaktoriellen Spaltanlage in zweifacher Wiederholung durchgeführt. Im Feldversuch wurde eine handelsübliche Klee-grasmischung (NF3 – mehrjähriges Rotklee-gras der BSV) mit zwei selbst zusammengestellten Mischungen mit erhöhtem Leguminosen- und Kräuteranteil (FMB und GDM) verglichen (Abb. 1). Hauptbestandbildner der handelsübliche Klee-grasmischung NF3 waren Rotklee, Deutsches Weidelgras, Wiesenschwingel; Knaulgras; der Mischung FMB Luzerne, Gelbklee, Rohrschwingel, Wehrlose Trespe, Spitzwegerich; der Mischung GDM Luzerne, Gelbklee, Rohrschwingel, (Bibernelle).

Für die Untersuchungen wurden Gründüngung (Mulch) und Futternutzung (Schnitt) im 1. Hauptnutzungsjahr untersucht. Zu jeder Nutzung erfolgte die Ertragsmessung des Sprosses mit Hilfe eines Biomassevollernters, die N-Gehaltsbestimmung im Erntegut, sowie die Ertragsanteilsschätzung nach Stählin. Die Wurzelbeprobung der Krume zur 1. und 3. Nutzung erfolgte mit der Bohrkernmethode (BÖHM 1979). Die Bestimmung von Wurzellänge und -radius erfolgte nach Schnittpunktmethode von NEWMAN (1966), die der Wurzeltrockenmasse rechnerisch und durch Trocknen. Zur 3. Nutzung wurden zudem die

Wurzeln an Profilgruben mit der Ausgrabungsmethode (KUTSCHERA 1960) über das gesamte Bodenprofil bestimmt. Die symbiotische N-Fixierleistung wurde nach HÜLSBERGEN (2002) und HEUWINKEL (1999) berechnet.

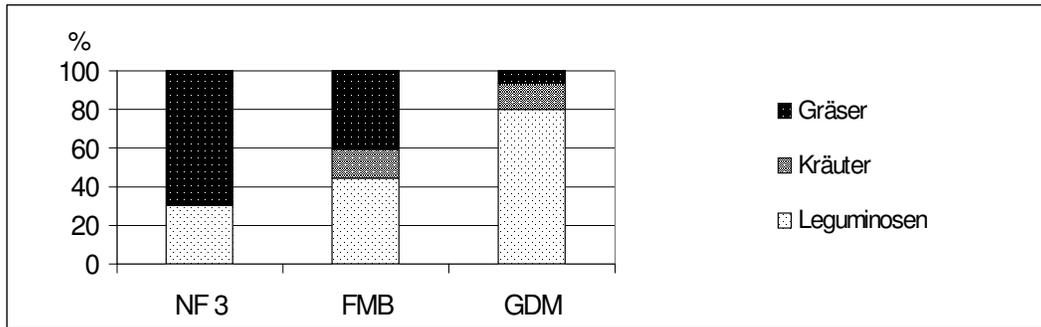


Abb. 1: Artenanteile (Flächen%) der drei geprüften Klee-Gras-Gemenge (zur Saat)

Ergebnisse und Diskussion

Mit zunehmender Nutzungsdauer verschob sich die Bestandeszusammensetzung zugunsten der Gräseranteile. Einige der Kräuter (*Plantago lanceolata*, *Pimpinella saxifraga* und *Achillea millefolium*) konnten sich, trotz intensiver Nutzung (Schnitt und Mulch) gut in den FMB und GDM Mischungen behaupten.

Tab. 1: Einfluss der Mischung und Nutzung auf die Biomassebildung

	ME	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
Sprossertrag (TM)	dt ha ⁻¹	165 ^a	162 ^a	165 ^a	159 ^a	164 ^a	162 ^a
Stoppel 7 cm (TM)	dt ha ⁻¹	10	10	10	10	10	10
Wurzelmasse (TM)	dt ha ⁻¹	53 ^a	52 ^a	73 ^b	78 ^b	60 ^a	57 ^a
Wurzellänge	km m ⁻²	138 ^a	132 ^a	128 ^a	136 ^a	99 ^b	93 ^b
Wurzelradius	mm	0,11 ^a	0,11 ^a	0,13 ^b	0,13 ^b	0,13 ^b	0,13 ^b
Wurzellängendichte	cm cm ⁻³	46 ^a	44 ^a	43 ^a	46 ^a	33 ^b	31 ^b

Signifikante Unterschiede zwischen Mischungen und Nutzungen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (T-Test, p = 0,05)

Die Mischungsvarianten unterschieden sich im Sprossertrag nicht (Tab. 1). Bei den einzelnen Wurzelparametern wurden zwischen den Mischungen signifikante Unterschiede festgestellt. Die unterschiedliche Nutzung hatte nach diesen Ergebnissen hingegen keinen Einfluss auf die ober- und unterirdische Biomassebildung.

Die Wurzellänge und -längendichte spiegeln den hohen Feinwurzelanteil der Gräser wider, sodass die grasarme Mischung GDM deutlich geringere Wurzellängen (und -längendichten) erreicht. Beim Wurzelradius heben sich die Mi-

schungen FMB und GDM aufgrund der hohen Leguminosenanteile und somit des hohen Anteil an Pfahlwurzeln deutlich von der gräserbetonten Mischung ab. Die höchsten Wurzelmassen weist die FMB aufgrund der hohen Wurzellänge und des hohen Anteils an dicken Wurzeln auf. Die geringere Wurzellänge verbunden mit höheren Wurzelradien führt bei der GDM zu ähnlichen Wurzelmassen wie bei der Mischung NF3 unter umgekehrtem Vorzeichen (geringer Wurzelradius und hohe Wurzellänge).

Die Mischungszusammensetzung hat Einfluss auf den N-Entzug (Tab. 2). Für die grasreiche (und im N-Gehalt deutlich niedrigere) Mischung NF3 wurde ein geringerer N-Entzug ermittelt. Für die legumionsenreichen Mischungen FMB und GDM werden deutlich höhere symbiotische N-Fixierleistungen ($450 - 550 \text{ kg N ha}^{-1}$) berechnet als für die NF3-Mischung ($120 - 150 \text{ kg N ha}^{-1}$). Diese berechneten N-Fixiermengen der Schnittvarianten stimmen sehr gut mit den in der Literatur beschriebenen Mengen überein (HEUWINKEL et al. 2005). Dieses gilt in gleicher Weise für die Mulchvarianten. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die N_2 -Fixierleistung der Mulchvarianten, in Folge des hohen N-Pegels im Boden (Mineralisierung aus dem Mulch) wahrscheinlich nur 2/3 der Fixierleistung der Schnittvarianten erreicht (vgl. HEUWINKEL et al. 2005).

Tab. 2: Einfluss der Mischung und Nutzung auf Kenndaten des N-Entzuges

	ME	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	458	445	526	504	542	558
N symb. Spross	kg N ha ⁻¹	79	98	294	285	337	342
N symb. EWR	kg N ha ⁻¹	41	52	175	170	200	204
N symb. Gesamt	kg N ha ⁻¹	120	150	469	455	537	546

Die gesamte Biomassebildung setzt sich aus den über die Vegetation aufsummierten Sprosserträgen, den zur letzten Ernte zurückbleibenden Ernterückständen (Stoppelmasse) und der Wurzelmasse zusammen (Tab. 1). Bei Berücksichtigung der abgefahrenen Sprossmasse der Schnittvarianten, der C-Gehalte in Spross (45 %) und Wurzel (41 %) lässt sich die dem Boden zugeführte organische Substanz bestimmen. In den Schnittvarianten werden dem Boden $26 - 36 \text{ dt C ha}^{-1}$, in den Mulchvarianten $100 - 108 \text{ dt C ha}^{-1}$ zugeführt (Tab. 3).

Die zugeführte organische Substanz wird in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis und der stofflichen Beschaffenheit humifiziert, sodass sich in den Schnittvarianten eine Humus-C-Zufuhr von $0,7-1,0 \text{ t Humus-C ha}^{-1}$, in den Mulchvarianten von $2,2-2,4 \text{ t Humus-C ha}^{-1}$ ergibt.

Bei der Berechnung der Werte sind lediglich die Wurzeln zur Ernte berücksichtigt. Während der Vegetation bereits umgesetzte Wurzeln sowie Rhizodepositionen wurden nicht in die Berechnungen einbezogen. Diese zur Ernte ermittelte

Wurzelmenge macht jedoch nur 30 - 50 % der insgesamt während der Vegetationsperiode gebildeten Wurzelmenge aus (SAUERBECK und JOHNEN 1976).

In den Schnittvarianten blieb auch die Rückführung des organischen Düngers nach Veredelung des Sprossertrags (Futter) unberücksichtigt.

Tab. 3: Kohlenstoffbindung und -input in den Boden der Kleegrasmischungen

	ME	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
Spross	dt C ha ⁻¹	74	73	74	71	76	73
Stoppel	dt C ha ⁻¹	5	5	5	5	5	5
Wurzel	dt C ha ⁻¹	22	21	30	32	25	23
Gesamt-Biomasse	dt C ha ⁻¹	100	100	108	108	105	101
im Bd. verbleibend	dt C ha ⁻¹	100	26	108	36	105	28
Zufuhr Humus	t Humus-C ha ⁻¹	2,3	0,7	2,4	1,0	2,2	7,0

Schlussfolgerungen

Die Zusammensetzung von Kleegrasmischungen hat einen großen Einfluss auf die Wurzeleistung. Die Mischungen FMB und GDM zeigen, dass ein großes Potenzial besteht Kleegrasgemenge hinsichtlich Wurzeleistung, Sprossleistung, Artenvielfalt und Schmackhaftigkeit (Tiergesundheit) zu optimieren.

Literatur

- BÖHM, W. (1979): Methods of Studying Root systems. Springer-Verlag, Berlin.
- HEUWINKEL, H. (1999): N₂-Fixierung von Körnerleguminosen: Aussagekraft und Weiterentwicklung vorhandener Meßmethoden am Beispiel *Lupinus albus* L.. *Dissertation*, TU München.
- HEUWINKEL, H., GUTSER R. & SCHMIDHALTER, U. (2005): Auswirkung einer Mulch- statt Schnittnutzung von Klee gras auf die N-Flüsse in einer Fruchtfolge. Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag am 16.02.2005 in Weihenstephan, *Tagungsband* 6.71-79.
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. *Habilitation*. Verlag Aachen.
- KUTSCHERA, L. (1960): Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- NEWMAN, E. (1966): A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3, S. 133-145.
- SAUERBECK, D. und JOHNEN, B. (1976): Der Umsatz von Pflanzenwurzeln im Laufe der Vegetationsperiode und dessen Beitrag zur "Bodenatmung". *Pflanzenern. Bodenkd.* 139, 315-328.

Kaukasischer Klee (*Trifolium ambiguum* M.B.), eine Alternative zu Weissklee an trockenen Weidestandorten?

V. Bettler¹, S. Bichsel², P. Thomet¹

¹Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen, Email: peter.thomet@shl.bfh.ch

²Otto Hauenstein Samen AG, Schweiz

Einleitung und Problemstellung

Die Leguminosen sind ein wichtiger Bestandteil in der Weide. Sie bieten zahlreiche Vorteile, wie die biologische Stickstofffixierung durch die Symbiose mit den Rhizobium Bakterien, oder die erhöhte Nutzungselastizität. Sie produzieren ein proteinreiches und schmackhaftes Futter, das die Futteraufnahme bei den Kühen steigert. Der Weissklee (*Trifolium repens* L.) ist die Hauptleguminose in den Weidemischungen. Er ist sehr ertragreich, aber auch trockenheitsempfindlich. In niederschlagsarmen Gebieten scheint es also wünschenswert, den Weissklee zu ergänzen oder zu ersetzen.

Der Kaukasische Klee (*Trifolium ambiguum* M.B.) ist eine langlebige Leguminose, die sehr resistent ist gegenüber schwierigen klimatischen Bedingungen. Er wird in den trockenen Gegenden von Neuseeland und Nordamerika angebaut, welche für den Weissklee eher ungünstig sind (ALBRECHT, 2000; SEGUIN, 2005). Trotz des hohen Produktionspotentials wird diese Leguminose in der Schweiz noch nicht eingesetzt.

ALBRECHT (2000) hat gezeigt, dass die Keimlinge während des Ansaatjahres empfindlich auf die Konkurrenz anderer Pflanzen und die Entblätterung reagieren. Die langsame Anfangsentwicklung und die geringe Konkurrenzkraft der Pflanzen sind die grundlegenden Probleme bei der Etablierung des Kaukasischen Klees.

Einmal etabliert, kann sich der Kaukasische Klee sehr gut in einer Weide durchsetzen. SEGUIN et al. (2005) berichten, dass 20-jährige Bestände in Neuseeland und in Midwest bis zu 110 dt TS/ha jährlich produzieren.

Zur Prüfung unter schweizerischen Bedingungen wurden im Rahmen eines Projektes der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft erste Feldversuche angelegt.

Material und Methoden

Von 2004 bis 2008 wurden der Kaukasische Klee und der Weissklee, gemischt mit den Gräsern der Standardmischung 480 (MOSIMANN et al., 2004), miteinander verglichen. Zusätzlich wurden 2005 bis 2008 unterschiedliche Möglichkei-

ten zur Etablierung des Kaukasischen Klees getestet. Die im Frühling 2004 angelegten Kleinparzellen-Versuche mit Wiederholungen, verglichen Weissklee mit Kaukasischem Klee an 3 Standorten in den Kantonen Bern, Solothurn und Wallis, mit unterschiedlichen Boden- und Umweltbedingungen. Diese Versuche erlaubten es, während 5 Jahren die Entwicklung der zwei Arten, gemischt mit Gräsern der Standardmischung 480 (*Cynosurus cristatus*, *Festuca rubra*, *Agrostis gigantea*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*), zu verfolgen. Die zwei Varianten mit Kaukasischem Klee waren eine Fertigmischung aus den Gräsern der Standardmischung 480 mit Kaukasischem Klee (480 ta) und einer Reinsaat von Kaukasischem Klee im Frühling mit einer Übersaat der Gräsern der Standardmischung 480 im Herbst (ta+480). Die Versuchsflächen wurden anschliessend als Weide genutzt. Vor der Saat wurde der alte Grasbestand mit einem Totalherbizid vernichtet. Die Saat erfolgte als Breitsaat von Hand und wurde anschliessend gewalzt. Zwei Mal pro Jahr, im Frühling und Herbst, erfolgte eine TM-Ertragsbestimmung und eine Ertragsanteilsschätzung nach Klapp, die mehrere Male mittels Botanischer Analyse überprüft wurde.

Die Etablierung von Kaukasischem Klee wurde in Kleinparzellenversuchen mit 4 Wiederholungen getestet. Die Variablen waren der Saatzeitpunkt (Herbst 2005 oder Frühling 2006), die Ansaattechnik (Breitsaat oder Drillsaat), und die Reduktion der Konkurrenz durch andere Pflanzen. (Saat ohne Gräser, mit Herbizid oder Deckfrucht kombiniert). Das Endura Saatgut für die Herbstversuche, hatte eine ungenügende Keimfähigkeit (50%). Für die Frühjahrssaat 2006 wurde frisches Saatgut von der gleichen Sorte verwendet (Endura 2). In den Versuchsverfahren mit der Grasübersaat, 3 bis 5, wurden die Gräser erst in im September 2006 gesät. Die Herbizidbehandlungen wurden Anfang Juni 2006 bei den Herbstversuchen, und Ende Juli 2006, bei den Frühlingsversuchen gemacht. Behandelt wurde mit 3 l/ha MCPA und 5 l/ha MCPB. Die Bewertung der Etablierungsversuche hat im Mai 2007 und 2008 stattgefunden. Die Ertragsanteile von vier Klassen: Gesäte Leguminosen, andere Leguminosen, Gräser und Kräuter, wurden nach der Methode Klapp geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Der in einer für den Weissklee sehr günstigen Zone (Bütikofen, Kanton Bern) angelegte Versuch, hat bestätigt, dass der Weissklee für die Weidenutzung am besten ist, vorausgesetzt die jährliche Niederschlagsmenge ist ausreichend und regelmäßig über das Jahr verteilt. In diesem Beitrag werden nur die Ergebnisse der zwei sommertrockenen Standorte Hängen SO und Chermignon VS vorgestellt.

Die Entwicklung des Leguminosenanteils ist in der Abbildung 1 dargestellt. Während den 5 Versuchsjahren hat der Anteil an Weissklee in der Standardmischung 480 von mehr als 70% bis auf weniger als 10% abgenommen. Offenbar hatte der Weissklee in den zum Teil extremen Trockenperioden Mühe, sich im ten. Ganz anders der Kaukasische Klee: Bei gleichen Bedingungen konnte sich der Kaukasische Klee etablieren, und sein Anteil ist bei 30% stabil geblieben. Der beobachtete Wachstumsverlauf des Kaukasischen Klees entspricht den Resultaten, die wir in der Literatur vorfinden.

ALBRECHT (2000) hat gezeigt, dass die Anfangsentwicklung und Etablierung dieser Pflanze zwar schwierig ist. Doch wenn dies gelingt, zeichnet sich der Kaukasische Klee durch eine sehr hohe Ausdauer aus. Diese Ausdauer verdankt er seinem grossen Wurzelwerk mit den Rhizomen und seiner Fähigkeit zur Vermehrung durch unterirdische Kriechtriebe.

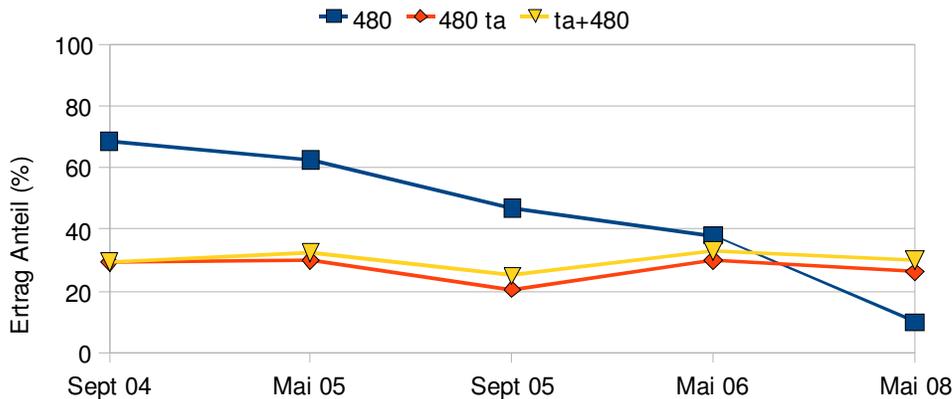


Abb. 1: TS-Ertragsanteile; (%) Entwicklung von Weissklee (*T. repens*) und Kaukasischem Klee (*T. ambiguum*) in den Mischungen. Mittelwert von den Versuchen in Chermigon und Höngen (¹ SM 480 Mischung für Weide mit *Cynosurus cristatus* u.a.; Gräsern; ² ta = *Trifolium ambiguum*)

Etablierung von Kaukasischem Klee

Die Etablierungsversuche haben einen deutlichen Vorteil der Frühlingssaaten im Verfahren mit Breitsaat gezeigt (Tab.1).

Tab. 1: TM-Ertragsanteil (%) von Kaukasischem Klee (*T. ambiguum*) zwei und drei Jahre nach verschiedenen Etablierungsverfahren Versuch in Ins (Mittelwerte der Erhebungen von 2007 und 2008).

Jareszeit	Verfahren	Saat Technik			
		Breitsaat		Drillsaat	
		Mittelwert	Streuung	Mittelwert	Streuung
Frühjahr 06	SM 480 ¹ ta ²	15.0	4.9	14.4	8.4
	ta + SM 480	15.0	5.0	13.1	6.9
	ta + SM 480 + Herbizid	16.8	6.4	12.5	5.6
	ta + SM480 + DFr ³	7.5	4.9	2.6	2.5
Herbst 05	SM 480 ta	0.03	0.04	0.03	0.04
	ta + SM 480	1.3	1.9	0.01	0.02
	ta + SM 480 + Herbizid	0.7	1.2	0.0	0.0
	ta + SM480 + DFr ³	0.04	0.05	0.0	0.0

¹ SM 480 Standardmischung für Weide mit *Cynosurus cristatus* u.a. Gräsern

² ta = *Trifolium ambiguum* ³ DF = Deckfrüchte: Sommerhafer & Acker-Rotklee

Die besten Ergebnisse wurden mit der Übersaat der Gräser im Herbst (ta+480+Herbizid) und der Herbizidbehandlung erzielt (16.9 % TM-Anteil Kaukasischer Klee KK). Fast gleich hohe Anteile ergaben die die Verfahren mit der Mischung 480 und die Reinsaat mit späterer Übersaat im Herbst (ta+480). Das Einschalten einer Deckfrucht zur Unkrautunterdrückung bewährte sich nicht. Deckfruchtpflanzen übten eine zu grosse Konkurrenz aus (nur 7.5 % KK).

Die Drillsaat hat schlechtere Ergebnisse als Breitsaat ergeben (zwischen 2,6 und 14,4% KK). Bei den im Herbst gesäten Verfahren konnte sich nur sehr wenig Kaukasischer Klee (0 bis 1,3%) entwickeln. Dieses Ergebnis hängt auch mit der schlechten Keimfähigkeit des Saatguts zusammen.

Der Kaukasische Klee hat die Herbizid-Behandlung im Stadium 3 echte Blätter gut ertragen.

Andere eigene Vorversuche haben gezeigt, dass es wichtig ist, das Saatgut des Kaukasischen Klees mit den richtigen Rhizobium Bakterien zu impfen. Für das Mischen mit anderen Futterpflanzen ist die Berücksichtigung deren Konkurrenzkraft wichtig. Zu viele konkurrenzstarke Arten mit rascher Anfangsentwicklung wie die Raigräser unterdrücken die Keimlinge von Kaukasischem Klee zu stark und sind daher nicht geeignet.

Die Etablierung von Kaukasischem Klee muss strategisch geplant werden. Zwei Möglichkeiten bieten sich an: (1) Entweder wird er vorerst als Reinkultur angelegt, später erfolgt dann die Nachsaat von Gräsern. In diesem Fall ist mit einem kleinen Ertrag und viel Pflegeaufwand im Ansaatjahr zu rechnen. (2) In einer Mischung mit relativ konkurrenzschwachen Gräsern aussäen; bei dieser Variante braucht die Entwicklung bis zum gewünschten Leguminosenanteil ein paar Jahre Zeit.

Schlussfolgerung

Der Kaukasische Klee erweist sich auch in der Schweiz als eine interessante Möglichkeit, den Weissklee an sehr sommertrockenen, beweideten Standorten zu ergänzen oder zu ersetzen.

Literatur

- ALBRECHT K., 2000. Establishing Kura Clover Stands. University of Wisconsin-Madison.
- BETTLER V. & THOMET P., 2007. Le trèfle du Caucase (*Trifolium Ambiguum* M. B.), une nouvelle légumineuse pour la pâture en Suisse? *Revue suisse Agric.* 39 (2) , 61-66
- MOSIMANN E., SUTER D. & ROSENBERG E. 2004. Mélanges standard pour la production fourragère. Révision 2005-2008. *Revue suisse Agric.* 36 (5), I-XII.
- SEGUIN P. & LABERGE G., 2005. Le trèfle Kura: une légumineuse pour les pâturages permanents. *Cahiers Agricultures.* 14, (5), 429-435.

Untersuchungen zum Anbau von Luzerne in Reinsaat und im Luzernegras-Gemenge in Abhängigkeit von Sorte und Stickstoffdüngung auf einem lehmigen Sandstandort

H. Giebelhausen

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Invalidenstraße 42, D-10115 Berlin;
Email: hermann.giebelhausen@agrar.hu-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Die Luzerneanbaufläche ist seit 1990 in Deutschland stark zurückgegangen. Der Wert der Luzerne als eiweißreiche, ertragsstabile, Stickstoff fixierende und die Bodenfruchtbarkeit mehrende Futterpflanze mit vielen Einsatzmöglichkeiten in der Tierfütterung ist unstrittig. Bei steigendem Silomaisanteil in der Fruchtfolge, erlangen Luzerne und Luzernegras auf zur Trockenheit neigenden Standorten zunehmende Bedeutung. Die Sortenvielfalt erlaubt auch eine langjährige Nutzung trockener Acker- und Grünlandstandorte, wozu weidetolerante Genotypen einsetzbar sind (CZIEHSO, 1990; CHARRIER *et al.*, 1993; SIMON, 1993; MOSIMANN *et al.*, 1995; KOLZOV, 2002). Von einem lehmigen Sandboden im Land Brandenburg werden Ergebnisse zum Anbau von Luzerne in Reinsaat und im Luzernegras-Gemenge in Abhängigkeit von Sorte und N-Düngung vorgestellt.

Material und Methoden

Der am 06.08.2004 nach Weizenvorfrucht als Blockanlage angelegte Luzerneversuch (Sommerblanksaat) liegt in der Lehr- und Forschungsstation der Humboldt-Universität am Standort Berge, 40 km nordwestlich von Berlin (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen des Parzellenversuches

Faktor	Faktorstufe
A Luzernesorte	a ₁ <i>Planet</i> , Sativa-Typ ^{*)} , (D)
	a ₂ <i>Kisvardai</i> , Bastard-Typ, (H)
	a ₃ <i>Luzelle</i> , Sativa-Typ ^{*)} , (F), weidetolerant
	a ₄ <i>Pastbitschnij 88</i> , Bastard-Typ (RUS), weidetolerant
B Luzernegras und Stickstoff	b ₁ ohne <i>Festuca pratensis</i> Huds., ohne Stickstoff
	b ₂ mit <i>Festuca pratensis</i> Huds., ohne Stickstoff
	b ₃ mit <i>Festuca pratensis</i> Huds., mit Stickstoff

^{*)} nach WILLNER (2007)

Die Saatstärke der Luzernereinsaaten betrug 20 kg/ha. Bei den Luzernegras-Gemengen kamen je 14 kg/ha Luzerne der vier untersuchten Sorten mit je 7,5 kg/ha Wiesenschwingel der Sorte *Lifara* zur Ansaat.

Der Stickstoffeinsatz zu Luzernegras betrug 120 kg/ha/Jahr, mit 70 kg/ha zum ersten und 50 kg/ha zum zweiten Aufwuchs in Form von Kalkammonsalpeter. Im ersten Hauptnutzungsjahr 2005 wurden die Pflanzenbestände fünf- und in den Jahren 2006 und 2007 vierschnittig genutzt.

In Berge treten die Bodentypen Parabraunerde und Salmtieflehm-Fahlerde auf. In der Krume dominieren die Bodenarten lehmiger Sand bis sandiger Lehm, im Unterboden Sand bis sandiger Lehm. Der Niederschlag beträgt im Gebiet langjährig 502 mm bei einer Jahresmitteltemperatur von 9,2 °C. Im Jahr 2005 entsprach die Witterung etwa dem langjährigen Trend, während 2006 in der Vegetationsperiode trocken-warmes und 2007 feucht-warmes Wetter vorherrschte.

Ergebnisse und Diskussion

Bestandesdichte der untersuchten Luzernereinsaaten

Vom ersten bis zum Beginn des vierten Hauptnutzungsjahres nahm die Bestandesdichte der Luzernebestände kontinuierlich ab (Abb. 1).

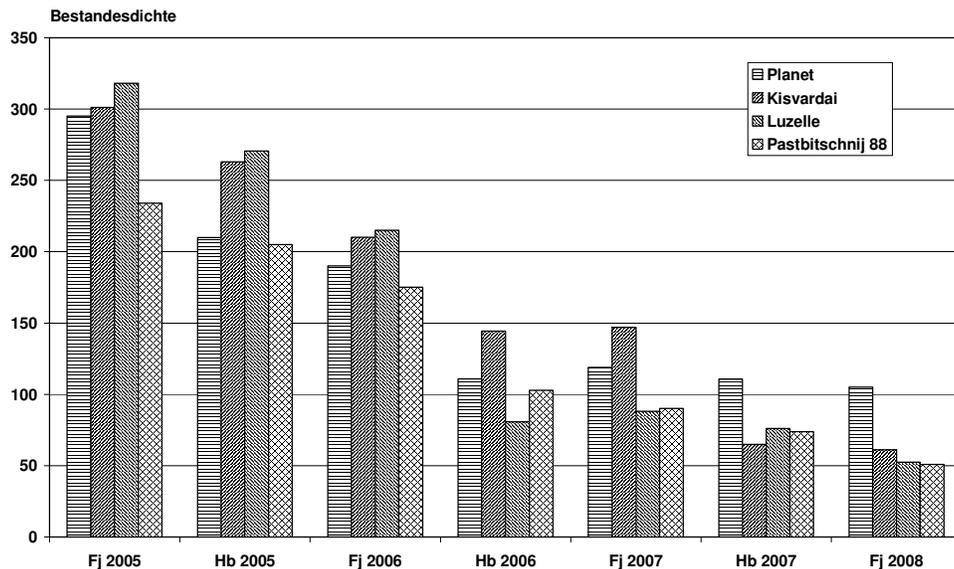


Abb.1: Bestandesdichte von Luzernereinsaaten (Pflanzen/m²) in Abhängigkeit von Sorte und Jahreszeit. Berge 2005 bis 2008. Fj = Frühjahr, Hb = Herbst

Bei einer Saatstärke von 20 kg, einer TKM von ca. 2 g sowie einem Feldaufgang von 50 % hätten etwa 500 Luzernepflanzen/m² Anfang September 2004 im Feld stehen müssen. Da wegen Trockenheit im Juli/August 2004 ungünstige Keim- und Auflaufbedingungen herrschten, erreichten die Saaten trotz des milden Winters 2004/2005 im Frühjahr 2005 nur Bestandesdichten von ca. 300 Pflanzen/m². In den ersten beiden Hauptnutzungsjahren hatten die Bestände der Sorten *Kisvardai* und *Luzelle* die höchsten Pflanzenzahlen und zeigten bis dahin die beste Standortanpassung. Die als „Sand-Luzerne“ gezüchtete Sorte *Kisvardai* (KEMENSY und MANNINGER, 1968) lag im Herbst 2006 und zu Beginn des dritten Hauptnutzungsjahres 2007 mit 150 Pflanzen/m² deutlich über den Bestandesdichten der Vergleichsorten. Diesen Vorteil behauptete die Sorte danach nicht mehr, da sich die Sorte *Planet* bis zum Beginn des vierten Hauptnut-

zungsjahres 2008 mit 100 Pflanzen/m² als umweltstabiler erwies. Die Bestandesdichten der als weidetolerant geltenden Sorten *Luzelle* und *Pastbitschnij 88* verhielten sich ähnlich wie die der Vergleichssorten. Ob die geprüften weidetoleranten Sorten Ausläufer bilden und eine größere Ausdauer erreichen (KÖNEKAMP und LEHMANN, 1933; CZIEHSO, 1990; CHARRIER *et al.*, 1993), wurde im vorliegenden Versuch noch nicht beobachtet bzw. untersucht. Bei Bestandesdichten um 50 Luzernepflanzen/m² ist mit stärkerem Einwandern von Löwenzahn und Rispengräsern sowie zunehmendem Mäusebesatz zu rechnen, so dass entweder Umbruch, oder zur Verlängerung der Nutzungsdauer, Nachsaaten von Gräsern und Luzerne erforderlich sind. Auch ist die Befallsituation mit diversen Blattrandkäfern sowie mit *Verticillium albo-atrum* zu berücksichtigen.

Trockenmasseertrag von Luzernereinsaaten und Luzernegras-Gemengen

Sowohl die Luzernereinsaaten als auch die Luzernegras-Gemenge erreichten mit mittleren TM-Erträgen von 155 bis 160 dt/ha eine hohe Biomasseproduktion, wobei die Reinsaaten ihre Jahresleistung ohne Mineraldüngerstickstoff erzielten (Tab. 2).

Tab. 2: TM-Ertrag (dt/ha) von Luzernereinsaaten und Luzernegras-Gemengen in Abhängigkeit von Sorte und Stickstoffdüngung. Berge 2005 bis 2007

Sorte (A)	Luzernegras / N-Düngung (B)	2005	2006	2007	Mittel Jahre
<i>Planet</i>	Reinsaat	155,6	128,5	196,9	160,3
	Gemenge o N *	158,9	145,1	189,9	164,6
	Gemenge m N **	175,2	151,2	186,4	170,9
<i>Kisvardai</i>	Reinsaat	158,9	134,8	163,3	152,3
	Gemenge o N	157,9	150,3	171,7	160,0
	Gemenge m N	157,1	140,8	167,2	155,0
<i>Luzelle</i>	Reinsaat	154,0	133,7	191,6	159,8
	Gemenge o N	153,2	144,0	179,1	158,8
	Gemenge m N	164,5	145,4	167,7	159,2
<i>Pastbitschnij 88</i>	Reinsaat	157,6	127,0	162,4	149,0
	Gemenge o N	164,7	134,3	152,3	150,4
	Gemenge m N	162,0	137,5	158,6	152,7
Mittel Jahr	Reinsaat	156,5	131,0	178,6	155,4
	Gemenge o N	158,7	143,4	173,3	158,5
	Gemenge m N	164,7	143,7	170,0	159,5
GD α 5 %	Faktor A	9,2 n.s.	10,7 n.s.	9,1 sig.	6,3 sig.
	Faktor B	7,9 sig.	9,2 sig.	7,8 sig.	5,5 n.s.

*) ohne N-Düngung, **) mit N-Düngung n.s. = nicht signifikant, sig. = signifikant

Erst bei geringeren Bestandesdichten und feucht-warmer Witterung trat im dritten Hauptnutzungsjahr 2007 ein signifikant höherer TM-Ertrag der Sorte *Planet* gegenüber den Bastard-Typen *Kisvardai* und *Pastbitschnij 88* auf, während zuvor keine Ertragsunterschiede zwischen den Reinsaaten bestanden. Im Mittel der drei Versuchsjahre erreichten jedoch die Luzernereinsaaten mit den Sativa-Typen *Planet* und *Luzelle* deutlich höhere TM-Erträge als die Bastard-Typen. Dass Luzernereinsaaten bei Trockenstress mit Ertragsabfall reagieren, zeigt das Jahr 2006. Trotz Sommertrockenheit war jedoch die Schnitwürdigkeit des vierten Aufwuchses (15 dt/ha TM) gesichert.

Die hohen TM-Erträge der Luzernereinsaaten bewirkten, dass die mittleren Mehrerträge der Luzernegras-Gemenge gegenüber den Reinsaaten mit nur 3 % gering waren. Positive N-Düngungseffekte zu Luzernegras traten nur im Jahr 2005 bei Gemengen mit den Sativa-Typen auf. Geringe Frühjahrstemperaturen 2006 hemmten die N₂-Fixierung der Luzerne, so dass die mit N gedüngten Luzernegras-Gemenge im 1. und 2. Aufwuchs wüchsiger waren und höhere Jahreserträge als bei den Luzernereinsaaten heranwuchsen. Sommertrockenheit im Jahr 2006 ließ die Grasanteile von 25 bis 30 % im Frühjahrs- auf 2 bis 8 % im Sommeraufwuchs abfallen (ROBINSON, 2007). Im ersten Hauptnutzungsjahr behauptete sich Wiesenschwingel im Gemenge mit Ertragsanteilen von 30 bis 40 %, was den N-Einsatz rechtfertigt (MÄRTIN und SCHMIDT, 1987; STOCK und DIEPENBROCK, 1999). Aus Qualitätsgründen, besserer Siliereignung oder Weide sollte der Grasanteil in Luzernegras-Gemengen über 30 % betragen. Neben Grasart, N-Düngung und Nutzung beeinflusst auf Sandböden die Wasserversorgung den Graspartner in Leguminosengras-Gemengen (SCHMALER, 1988).

Zusammenfassung

Auf einem lehmigen Sandboden nordwestlich von Berlin werden seit 2005 Untersuchungen zum Einfluss von Luzernesorte und Stickstoffdüngung auf Bestandesdichte und TM-Ertrag von Luzernereinsaaten und Luzernegras-Gemengen durchgeführt. Der Versuch führte bisher zu folgenden Ergebnissen:

Von vier Luzernesorten in Reinsaat (2 Sativa- und 2 Bastard-Typen) hatten in den ersten beiden Hauptnutzungsjahren 2005 und 2006 die ungarische Sorte *Kisvardai* (Bastard-Typ) sowie die französische Sorte *Luzelle* (Tendenz zu Sativa-Typ mit Weidetoleranz) die höchsten Bestandesdichten. Erst ab 2007 stabilisierte sich die Pflanzenanzahl der deutschen Luzernesorte *Planet* (Tendenz zu Sativa-Typ), und sie zeigte zu Beginn des vierten Hauptnutzungsjahres mit ca. 100 Pflanzen/m² die bessere Standortanpassung. Die Pflanzenanzahl der russischen Sorte *Pastbitschnij 88* (Bastard-Typ mit Weidetoleranz) nahm über die Zeit kontinuierlich ab. Sie ist im Wuchs kürzer und feinstänglicher als die Vergleichssorten.

Mittlere TM-Erträge von 155 bis 160 dt/ha für Luzerne und Luzernegras-Gemenge belegen die gute Ausnutzung der Wachstumsfaktoren des lehmigen Sandbodens. Während sich die Erträge der Luzernereinsaaten in Einzeljahren sortenabhängig kaum unterschieden, trat im Mittel der Jahre bei den Sativa-Typen *Planet* und *Luzelle* eine Ertragsüberlegenheit gegenüber den Bastard-Typen *Kisvardai* und *Pastbitschnij 88* auf.

Der Einsatz von Mineralstickstoff führte nur bei den Luzernegras-Gemengen mit den Sativa-Typen *Planet* und *Luzelle* im ersten Hauptnutzungsjahr zu signifikant höheren TM-Erträgen gegenüber den Gemengen ohne N-Düngung. Für Grasanteile von mindestens 30 % im Gemenge sollte auf sandigen Böden zum 1. Aufwuchs eine N-Düngung von 50 bis 60 kg/ha erfolgen. Das sichert bei nass-kalter Frühjahrswitterung auch die N-Ernährung der Luzerne und einen qualitätsreichen ersten Aufwuchs des Luzernegras-Gemenges.

Literatur

Die zitierte Literatur liegt beim Autor zur Einsicht vor.

Hoch-Zuckerreiches Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort – fünfjährige Ergebnisse

H. Jänicke

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern,
Institut für Tierproduktion Wilhelm - Stahl - Allee 2, D-18196 Dummerstorf;
Email: h.jaenicke@lfa.mvnet.de

Einleitung und Problemstellung

Unter der Bezeichnung Hoch-Zuckerreiches Gras (=HZG) sind bei *Lolium perenne* seit einigen Jahren neue Sorten im Angebot, die sich gegenüber den bisher bekannten Sorten vor allem durch deutlich höhere Zuckergehalte, sowie höhere Verdaulichkeit und günstigere Proteinausnutzung auszeichnen sollen. Die späte Sorte ABERAVON wurde 2005 vom Bundessortenamt für Deutschland als die erste dieser Art zugelassen und wird zurzeit in verschiedenen Regionen Deutschlands in Sortenversuchen geprüft. Inwieweit diese Hoch-Zuckerreichen Gräser auf nordostdeutschem Niedermoorgrünland und unter Praxisbedingungen die zu erwartenden Unterschiede tatsächlich zeigen und ob Differenzen zwischen den Sorten praxisrelevant sind, dazu fehlt es bisher an aussagefähigen Daten.

In Mecklenburg-Vorpommern sind $\frac{3}{4}$ des Grünlandes auf Niedermoor zu finden. Der Bedarf, hochwertige Grasnarben zu schaffen und zu erhalten, ist sehr hoch. Auf Niedermoor gilt *Lolium perenne* allgemein als auswinterungsgefährdet. Durch die Pflanzenzüchtung wurden in dieser Frage deutliche Verbesserungen erreicht, so dass durchaus Sorten mit besserer Mooreignung auszuweisen sind. Zu ermitteln ist also zunächst die grundsätzliche Anbaueignung derartiger Sorten für die Region Nordostdeutschland.

Vorteile der HZG gegenüber Vergleichssorten stellen MILLER ET AL. (2001), WILKINS ET AL. (2003), GILLILAND ET AL. (2003), EICKMEYER (2004), MOORBY ET AL. (2006) heraus. Vom Standort Braunschweig werden Beobachtungen mitgeteilt, die es fraglich erscheinen lassen, ob die HZG ausreichend widerstandsfähig gegenüber harten Wintern und Frühjahrstrockenheit sind (MARTENS UND GREEF 2003). LASER UND LEITHOLD (2007) ermittelten für ABERAVON höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten als bei den Referenzsorten.

Hinweise aus der Literatur und die Nachfrage aus der landwirtschaftlichen Praxis führten zu der Aufgabenstellung, den beschriebenen Sorteneigenschaften der HZG unter den Standort- und Nutzungsbedingungen in Mecklenburg-Vorpommern nachzugehen. Verschiedentlich wurden Ergebnisse aus dieser Arbeit mitgeteilt (ANONYMUS 2007 UND 2006, JÄNICKE 2005), was im Folgenden fortgesetzt werden soll.

Material und Methoden

Für diese Untersuchungen wurden Sortenversuche auf dem Niedermoorgrünland der Raminer Agrar GmbH (Uecker-Randow-Kreis) genutzt. Der Standort ist gekennzeichnet durch Jahresniederschläge von 520 mm/Jahr im langjährigen Mittel sowie 9,2 °C Jahresmitteltemperatur. Der Niedermoorboden wird dem Standorttyp Mo IIa zugeordnet und weist einen Humusgehalt von 55,4 % und einen pH-Wert von 7,0 auf. Die Ansaat erfolgte im Jahr 2002 in Form einfaktorieller Blockanlagen mit vier Wiederholungen. Die Größe der einzelnen Parzelle beträgt etwa 12 m². Die Versuchsfläche wurde betriebsüblich bewirtschaftet.

Beprobt wurden alle Sorten jeweils am gleichen Tag und zur gleichen Tageszeit. Erfasst wurden Vertreter der diploiden wie tetraploiden Ploidiestufe. Die ausgewählten Sorten (Tab. 1) sollten nicht nur als typische Stellvertreter dienen, sondern auch Vergleiche zu Versuchsergebnissen auf anderen Standorten ermöglichen. Die Bonituren wurden nach den „Richtlinien für die Durchführung landwirtschaftlicher Sortenversuche und Wertprüfungen“ des Bundessortenamtes vorgenommen. Die Analysen zu den Futterwertparametern wurden nach VDLUFA-Methoden im Labor der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Die Untersuchung auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten erfolgte mittels Anthron-Methode.

Tab. 1: Zur Ermittlung der Futterqualität ausgewählte Sorten, Deutsches Weidelgras, späte Reifegruppe, Ansaat 2002

Sorte	Ploidie	Ährenschieben*
HZG-Sorte (ABERAVON)	diploid	61
Vergleichssorte (GLADIO)	diploid	63
Vergleichssorte (NAVARRA)	tetraploid	62
Vergleichssorte (TIVOLI)	tetraploid	66

* nach Einstufung Bundessortenamt (Liste 2005) – Ährenschieben in Tagen nach dem 1. April

Ergebnisse und Diskussion

Zur Eignung als Narbenbildner

Im Beobachtungszeitraum 2002 bis 2007 erfasste Daten zu Mängeln im Stand (zu verschiedenen Terminen), Narbendichte, Lückigkeit und Winterfestigkeit sind in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt. Beurteilt wurden jeweils 17 Sorten in vierfacher Wiederholung. Für die Interpretation ist unbedingt zu berücksichtigen, dass die Bewirtschaftung der Versuchsanlage in praxisüblicher Art und Weise erfolgt – also mit deutlich mehr Belastung für die Sorten als bei klassischer Versuchsfeldbewirtschaftung.

Aus den bisher vorliegenden Boniturdaten ist keine Einschränkung hinsichtlich der Anbaueignung auf nordostdeutschem Grünland abzuleiten. Die Aussage zur Winterfestigkeit wird durch die Tatsache geschmälert, dass aufgrund der milden Witterung der Einfluss tatsächlicher Winterwitterung relativ gering blieb. Im Beobachtungszeitraum ist der HZG-Sorte jeweils ein relativ hohes Regenerationsvermögen zu bescheinigen.

Tab. 2: Boniturergebnisse, zusammengefasst aus fünfjährigen Bonituren, Deutsches Weidelgras der späten Reifegruppe, Ansaat 2002

Sortiment	Sorteneigenschaften (Bonituren aus fünf Jahren)			
	Narbendichte (8 Bonituren)	Lückigkeit (8 Bonituren)	Mängel im Stand (13 Bonituren)	Differenz „Stand nach Winter“- „Stand vor Winter“ (für fünf Winter)
Deutsches Weidelgras spät (17 Sorten)				
Mittelwert	5,2	3,7	3,9	1,1
Von-bis	4,6 – 6,2	3,3 – 4,1	3,6	0,8 – 1,4
HZG-Sorte	6,2	3,3	3,6 – 4,1	1,3

In zwei weiteren Sortenversuchen unter betriebsüblicher Bewirtschaftung auf Niedermoor konnte die HZG-Sorte in bisher dreijähriger Versuchsdauer (Ansaaten 2004) ihre im Sortiment vergleichsweise hohe Narbendichte eindeutig bestätigen und überwiegend auch die günstige geringere Lückigkeit. In den Bonituren auf Mängel im Stand erreichte sie im Durchschnitt das Mittel des Sortiments bzw. blieb dahinter zurück.

Gehalte an Wasserlöslichen Kohlenhydraten

In 15 von 19 analysierten Aufwüchsen wies die HZG-Sorte einen höheren Zuckergehalt auf als die drei Vergleichssorten, wobei die absoluten Differenzen mit 14 bis 43 g/kg TS (Wasserlösliche Kohlenhydrate) relativ gering erscheinen bzw. zu klären ist, ob es sich hier um eine für die praktische Silierung relevante Größenordnung handelt.

Erkennbar war ebenso, dass die HZG-Sorte im Zuckergehalt den Jahreseffekten (Schwankungen von rund 60 bis 100 %) unterliegt wie die übrigen Sorten. Die Unterschiede zwischen den Aufwüchsen waren mehrfach größer als die zwischen den Sorten in den einzelnen Schnitten (ANONYMUS 2008).

Tab. 3: Zuckergehalte (in g/kg TS) in Abhängigkeit von Sorte und Aufwuchs im Mittel der Jahre 2003 bis 2007, Deutsches Weidelgras der späten Reifegruppe, Ansaat 2002, Niedermoor, Ramin

Sorte	Aufwuchs				Mittelwert
	1.	2.*	3.	4.	
	Mittelwerte (2003-2007)				
HZG-Sorte - diploid (61)	163	149	143	153	150
Vergleichssorte - diploid (63)	149	109	101	123	121
Vergleichssorte - tetraploid (62)	142	106	109	135	122
Vergleichssorte - tetraploid (66)	132	115	114	114	121

* ohne 2003

Weitere Futterwertparameter

Aus den ermittelten Fasergehalten (Rohfaser, für ausgewählte Aufwüchse ADF und NDF) lassen sich im Vergleich der vier Sorten keine Besonderheiten hervorheben. Erwartungsgemäß hat der Schnittzeitpunkt und damit die Dauer der Aufwuchszeit dominierenden Einfluss.

Ebenso ist für die Rohprotein- und Nitratgehalte sowie das Verhältnis beider zu den Gehalten an Wasserlöslichen Kohlenhydraten festzuhalten, dass bezüglich des Sortenvergleichs keine Sorte herauszustellen ist. Zu finden waren in mehreren Aufwüchsen bei hohen Rohprotein- wie Nitratgehalten niedrige Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und umgekehrt, womit Erfahrungswerte bestätigt werden. Der Einfluss der N-Düngung bzw. der N-Mineralisation aus dem Niedermoorboden im Zusammenwirken mit dem Verlauf von Witterung und Grundwasserständen ist an diesem Standort in jedem Fall gegeben.

Schlussfolgerungen

Ein höherer Zuckergehalt ist für die HZG-Sorte in diesem Versuch in einzelnen Aufwüchsen, im Mittel der Aufwüchse über die fünf Jahre wie auch im Mittel der vier Aufwüchse eines Jahres auszuweisen. Erforderlich ist jedoch die Betrachtung der einzelnen Aufwüchse, da diese konkret als Siliergut anfallen und entsprechend zu charakterisieren sind. Die Ursachen für die festgestellten Unterschiede in den Zuckergehalten können derzeit nicht mit ausreichender Sicherheit zugeordnet bzw. beschrieben werden. Die hohe Schwankungsbreite im Niveau der Zuckergehalte der einzelnen Aufwüchse ist mit Blick auf die praktische Nutzung noch unbefriedigend. Die bessere Zuverlässigkeit bezüglich eindeutig hoher Zuckergehalte und die Frage nach der praktischen Relevanz stehen weiter in der Diskussion.

Literatur

- ANONYMUS (2008): Jahresbericht zur Futterproduktion 2008 – Ergebnisse des Jahres 2007. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow. S. 23-25.
- JÄNICKE, H. (2005): Hoch-Zuckerreiches-Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort - erste Ergebnisse. Mitt. d. AG Grünland u. Futterbau Bd. 7, S. 127-130.
- LASER, H. UND G. LEITHOLD (2007): Möglichkeiten zur Verbesserung der Siliereigenschaften verschiedener perennierender Gras-/Leguminosenmischungen durch Hoch-Zucker-Gräser. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. <http://org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>.
- MOORBY, J.M., R.T. EVANS, N.D. SCOLLAN, J.C. MACRAE AND M.K. THEODOROU (2006): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. Grass and Forage Science, 61, 52-59.
- WILKINS, P.W., J.A. LOVATT AND M.L. JONES (2003): Improving annual yield of sugars and crude protein by recurrent selection within diploid ryegrass breeding populations, followed by chromosome doubling and hybridisation. Proc. 25th EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section Meeting; Czech. J. Genet. Plant Breed., 39 (Special Issue), 95-99.

Das vollständige Literaturverzeichnis liegt bei der Autorin vor.

Einsatz von Kombisilierungsmitteln bei Grassilage

H. Nussbaum

Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, Am Atzenberger Weg 99, D-88326 Aulendorf; Email: hansjoerg.nussbaum@lvvg.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

Biologische Silierungsmittel mit homofermentativen Milchsäurebakterien vergären Gras rasch und intensiv. Hohe Gehalte an Milchsäure und folglich niedrige Verluste und tiefe pH-Werte sind positive Folgen. Dagegen wirken sich die meist niedrigeren Essigsäuregehalte negativ auf die aerobe Stabilität aus. Neue Zusätze kombinieren deshalb homofermentative Milchsäurebakterien mit chemischen Komponenten. Die Milchsäurebakterien sollen dabei eine intensive, verlustarme Gärung bewirken und die chemische Komponente Hefepilze unterdrücken, um eine hohe aerobe Stabilität bei der Entnahme zu erreichen.

Material und Methoden

Von 2005 bis 2007 wurden Silierungsmittel mit biologischer und chemischer Komponente (Tab. 1) bei Grassilage nach den Methoden der Silierungsmittelprüfung zur Erlangung eines DLG-Gütezeichens verglichen.

Tab. 1: Charakterisierung der Kombiprodukte*

Produkt	Chemische Komponente je t FM	Anmischen getrennt	Applikation getrennt	Verbrauch innerhalb
A	300 g Na-Benzoesäure	ja	nein	24 h
B	300 g Na-Benzoesäure	ja	nein	24 h
C	288 g Na-Benzoesäure	ja	nein	24 h
D	400 g K-Sorbat	ja	ja	entfällt
E	200 g K-Sorbat	ja	nein	24 h
F	150g (K-Sorbat, Na-Benzoesäure)	nein	nein	24 h

* Quelle: Firmenangaben und Praxishandbuch Futterkonservierung, DLG-Verlag 2006

Physiologisch junges Deutsches Weidelgras wurde schwach (2006) bzw. gut angewelkt (2005, 2007) mit hoher Energiekonzentration und guter Vergärbarkeit (Tab. 2) ensiliert. In Laborsilos (1,5 Liter) wurden die Silagen 49 Tage (2005-

2007) bzw. 90 Tage (nur 2005 und 2006) gelagert. Bei der Variante mit kürzerer Lagerdauer erfolgte ein jeweils eintägiger Luftstress nach 4 bzw. 6 Wochen.

Tab. 2: Merkmale des Ausgangsmaterials beim Einsilieren.

Jahr	TM	XP	XF	XA	NEL	Zucker	Z/PK	VK*
	%		% i.TM		MJ/kg TM		% i.TM	
2005	43,9	17,0	25,5	9,8	6,2	9,4	2,2	61,7
2006	28,6	22,4	22,6	13,0	6,8	8,3	1,7	42,1
2007	45,3	16,3	23,5	10,9	6,7	13,0	2,5	65,5

* Vergärbarkeitskoeffizient $VK = 8 \times Z/PK + TM$

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den Behandlungen sind im Mittel der Versuche nach kurzer Gärdauer nur geringe Effekte auf die Energiekonzentration zu erkennen (Abb. 1). Nach ungestörter Gärung und 90 Tagen Lagerdauer wiesen die mit Milchsäurebakterien behandelten Grassilagen im Mittel der Jahre, unabhängig ob alleine oder mit chemischer Komponente appliziert, eine um 0,1 MJ NEL/kg TM bessere Energiekonzentration als die Kontrollsilagen auf.

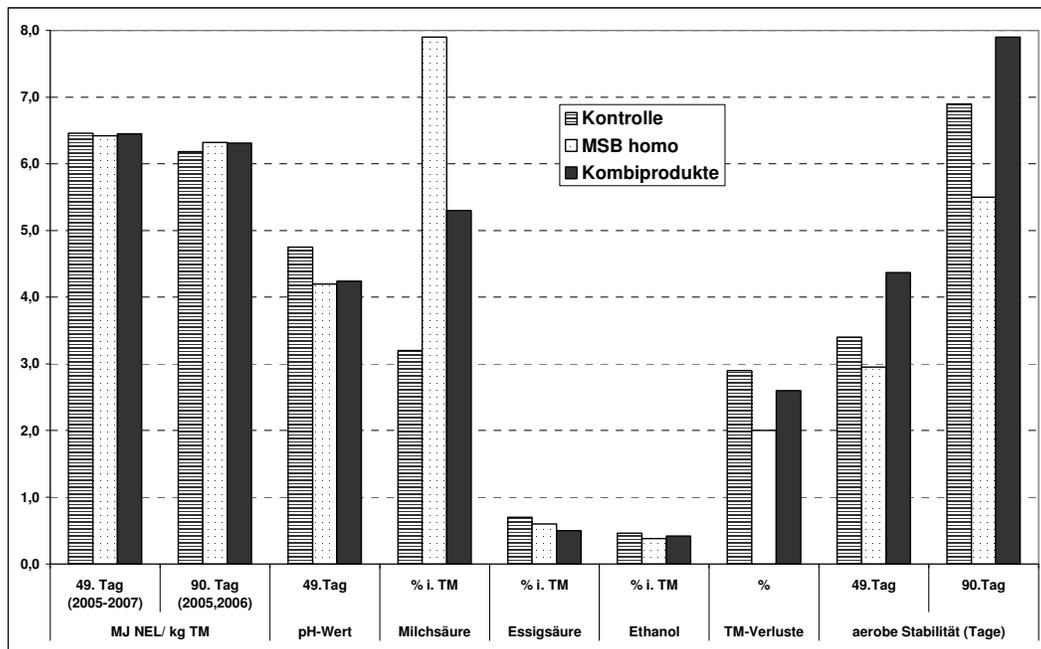


Abbildung 1: Effekte der unterschiedlichen Silierzusätze auf Gärqualität, Gärverluste und aerobe Stabilität.

Die Silagen waren in allen Versuchen auf Grund der guten Silierbarkeit frei von Buttersäure und wiesen nur geringe Ammoniakgehalte auf. Der sogenannte „kritische pH-Wert“ wurde auch ohne Zusatz immer unterschritten. Die mit homofermentativen Milchsäurebakterien behandelten Silagen wiesen unabhängig davon, ob sie alleine oder in Kombination mit chemischen Partnern eingesetzt wurden, hohe Milchsäuregehalte sowie niedrige pH-Werte, Alkohol- und Essigsäuregehalte auf. Demnach haben die Milchsäurebakterien auch in den Kombiprodukten ihre Wirkung entfalten können. Allerdings erfolgte im Versuch die Applikation auch spätestens 30 Minuten nach dem Zusammenmischen der Komponenten, was unter Praxisbedingungen kaum zu realisieren ist. Nach anderen Untersuchungen kann die biologische Komponente in den Kombiprodukten bereits nach vier Stunden seit dem Mischen beeinträchtigt sein. Demnach ist die getrennte Applikation der Einzelkomponenten ein sicherer Weg, um negative Effekte auf die Milchsäurebakterien zu vermeiden.

Die Optimierung der Gärbedingungen (kein Luftstress) und die verlängerte Gärdauer von 49 auf 90 Tage bedeuten fast eine Verdoppelung der aeroben Stabilität (Tab. 3). Der alleinige Zusatz homofermentativer Milchsäurebakterien (MSB homo) bewirkte unabhängig von der Gärdauer auf Grund niedriger Essigsäuregehalte eine schlechtere aerobe Stabilität. Mit Stress wurden die Silagen im Mittel einen halben Tag, ohne Stress 1,4 Tage früher warm als ohne Zusatz. Der Einsatz derartiger Produkte ist folglich nur bei gutem Entnahmevorschub zu empfehlen.

Tab. 3: Effekte der Siliermittel auf die aerobe Stabilität. Dargestellt sind die Tage bis zu einer Erwärmung um 3 °C.

	Jahr: 2005		2006		2007
	mit	ohne	mit	ohne	mit
Lagerdauer (d):	49	90	49	90	49
Kontrolle	4,2	7,7	3,2	6,1	2,8
MSB homo	3,5	6,6	2,4	4,4	-
Produkt A	3,7	8,1	3,7	6,3	3,6
Produkt B	4,6	7,5	3,5	5,2	3,6
Produkt C	-	-	3,5	5,2	3,8
Produkt D	4,6	10,6	4,4	8,6	4,2
Produkt E	6,2	9,6	3,9	6,3	4,1
Produkt F	8,4	11,0	4,1	6,4	4,4

Der Nachteil der homofermentativen Milchsäurebakterien hinsichtlich aerober Stabilität wurde bei den Kombiprodukten durch die chemische Komponente unabhängig von der Lagerdauer und Stresssituation ausgeglichen bzw. im Mittel der Zusätze um einen Tag verbessert. Allerdings bestehen zwischen den Produkten auch Unterschiede. So haben die Produkte A, B und C bei einzelnen Versuchen die aerobe Stabilität sogar verschlechtert (Tab. 3). Für das DLG-Gütezeichen der Wirkungsrichtung 2 („Verbesserung der aeroben Stabilität“) muss ein Zusatz die Erwärmung der Silagen nach der Auslagerung um mindestens zwei Tage verbessern. Dazu waren im ersten Jahr die Produkte E und F in der Lage, konnten diesen Effekt allerdings in den beiden anderen Versuchsjahren nicht wiederholen.

Schlussfolgerungen

Am Standort Aulendorfe wurde in verschiedenen Silierversuchen auch ohne Siliermitteleinsatz Grassilagen mit hohem Futterwert und guter Gärqualität erzeugt. Die Zudosierung homofermentativer Milchsäurebakterien bewirkte eine rasche Fermentation mit hohen Milchsäuregehalten sowie niedrigen Verlusten. Allerdings wurde die aerobe Stabilität verschlechtert. Diese Nachteile können durch die Kombination mit chemischen Partnern ausgeglichen werden. Kalium-Sorbat und Natrium-Benzoesäure sind dabei häufig Mischungspartner, wobei sich die Effekte zwischen den derzeit erhältlichen Kombiprodukten unterscheiden. Für das DLG-Gütezeichen muss die Erwärmung unter Stressbedingungen um mindestens zwei Tage hinaus verzögert werden. Das hat in den vorliegenden Versuchen kein Kombi-Produkt gleichmäßig in allen Jahren erreicht. Bei der Kombination von biologischen und chemischen Komponenten werden die Einzelwirkstoffe in der Regel separat vorbereitet und kurz vor der Anwendung zusammengemischt. Nur ein Produkt der neuen Siliermittelgeneration setzt aus Sicherheitsgründen auf die getrennte Dosierung, weil damit auf jeden Fall sicher gestellt ist, dass der chemische Partner die Milchsäurebakterien nicht schon im Tank beeinträchtigt. Neuere Untersuchungen zeigen, dass das bereits nach wenigen Stunden der Fall sein kann. Es ist deshalb dringend davon abzuraten, Mischungen zu lange im Voraus anzurühren.

Literatur

- DLG (2006): Praxishandbuch Futterkonservierung. DLG-Verlag Frankfurt a.M.
- MCDONALD, P., HENDERSON, A.R. & HERON, S.J.E. (1991): The Biochemistry of Silage. Chalcomb Publications, Marlow GB.
- NUSSBAUM (2008): Kombisiliermittel - die Konstanz fehlt noch. dlz, 100-102.
- PAHLOW, G. (2007): Grundlagen und Grundsätze der Silierung. Übers. Tierernährg. 35, 1-11.
- THAYSEN, J., HONIG, H., KALZENDORF, CH., SPIEKERS, H. & STAUDACHER, W. (2007): Siliermittel - rechtliche Rahmenbedingungen, Wirksamkeit DLG-geprüfter Produkte und Einsatzempfehlungen. Übers. Tierernährg. 35, 55-91.

Einfluss von Bewirtschaftung und Standort auf die Qualität von Grassilagen – Ergebnisse einer Praxiserhebung

S. Wetekam

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kölnische Str. 48-50, 34117 Kassel,
Departement für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen,
Email: stephanie.wetekam@llh.hessen.de

Einleitung und Problemstellung

Betriebswirtschaftliche Auswertungen von Milchviehbetrieben zeigen auch in Hessen immer wieder sehr deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung unter anderem maßgeblich von der Grobfutterleistung abhängig ist. Die betriebswirtschaftliche Auswertung hessischer Milchviehbetriebe von 1998 bis 2006 zeigt im Durchschnitt, dass Grobfutterkosten 24 % der Gesamtkosten im Betriebszweig Milch betragen. Bei nahezu gleichen Kosten erzielen allerdings die 25 % erfolgreichsten Betriebe eine knapp 40 %- höhere Milchleistung aus Grobfutter bei annähernd gleichem Kraftfuttereinsatz. Hohe Milchleistungen mit gesunden langlebigen Kühen sind nur auf der Basis hoher Grobfutterleistungen realisierbar, hier sind physiologische und ökonomische Forderungen durchaus gleichgerichtet. Für die Erreichung hoher Grobfutterleistungen muss die Qualität der Grassilagen besondere Beachtung finden. Um den Einfluss von Bewirtschaftung und Standort auf die Qualität der Grassilagen besser definieren und einordnen zu können wurde 2006/07 eine Umfrage auf hessischen Milchviehbetrieben durchgeführt.

Material und Methoden

Die Erstellung des Fragebogens erfolgte nach den Grundsätzen für empirische Sozialforschung. Einleitend finden einfache Abfragungen statt. Im weiteren Verlauf sind schwierigere Fragen angeordnet. Die Fragebögen sind möglichst klar und übersichtlich gegliedert.

Angeschrieben wurden alle hessischen Milchviehbetriebe, die in einem Arbeitskreis des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen organisiert sind. Insgesamt konnten so 396 Betriebe erreicht werden. Es erfolgten 110 Rücksendungen, von denen 93 auswertbar waren. Die folgende statistische Auswertung beruht auf dieser Befragung. Die weitestgehend deskriptive Auswertung erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel Version 2003. Alle Ja/Nein – Fragen und die übrigen geschlossenen Fragen erhielten für die statistische Auswertung eine Kodierung. Auch die offenen Fragen wurden nach der Durchführung der Befragung in Klassen eingeteilt und ebenfalls kodiert. Wo dies nicht möglich war, erfolgte die Auswertung manuell.

Folgende Parameter wurden im dreigeteilten Fragebogen beantwortet (Tab.1):

Tab. 1: Fragebogenaufbau

1. Betrieb	Flächenbeschreibung Rinderbestand Leistungsdaten Fütterung
2. Grassilageerzeugung	Grünland Verfahrenstechnik Lagerung
3. Sonstige Fragen	Beratung Geplante Betriebsentwicklung Futteruntersuchungen

Ergebnisse und Diskussion

93 Betriebsleiter aus 8 Landkreisen haben an der Umfrage teilgenommen. Die durchschnittliche Flächenausstattung der Betriebe betrug 108,91 ha mit einer Spannweite von 35 bis 250 ha. Im Durchschnitt bewirtschafteten die Betriebe 43,33 ha als intensives Grünland und 33 ha als extensives Grünland. Zudem wurden in den Betrieben durchschnittlich 14,09 ha Mais angebaut. Das Grünland hatte durchschnittlich 38 Bodenpunkte (von 15 bis 75), durchschnittlich 30 % der Flächen wurden als ortsnah (<1,5 km Entfernung) und eben bezeichnet. Durchschnittlich 50 % der Flächen sind arrondiert. Die Niederschlagsmengen schwankten in den unterschiedlichen Regionen zwischen 400 bis 950 l/a. Tabelle 2 zeigt die tierproduktionstechnischen Kennzahlen.

Tab. 2: Kennzahlen der Tierproduktion der befragten Betriebe

Parameter	Durchschnitt	von	bis
Kuhzahl	73	21	400
Milch kg (lt. MLP)	8.281	6.085	12.100
ZKZ (Tage)	404	321	522
EKA (Monate)	28,4	23,0	45,0
Lebensleistung (kg Milch)	23.166	15.314	34.522
Tierarzt-Kosten (€)	87	25	220

Die gemittelten Silagewerte des 1. Schnitts Grassilage von allen befragten Betrieben lagen bei 40,4 % TS mit 11,4 % Rohasche, 14,2 % Rohprotein, 24,2 % Rohfaser und 6,2 NEL MJ/kg TM. Alle ausgewerteten durchschnittlichen Silageparameter sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tab. 3: Durchschnittliche Silagewerte 1. Schnitt Grassilage aller befragten Betriebe

Kriterium	Durchschnitt
TS (%)	40,4
Rohasche (%)	11,4
Rohprotein (%)	14,2
Rohfaser (%)	24,2
nXP (g)	131
RNB (g)	2,1
NEL (MJ/ kg TM)	6,2
ADF	28,6
NDF	44,2
Zucker	5,1
pH-Wert	4,79

Die befragten Betriebe unterscheiden sich stark in der Intensität der Bewirtschaftung des Grünlandes, sowie im Ablauf des Silierprozesses. Tabelle 4 zeigt diese Unterschiede.

Tab. 4: Kennzahlen der befragten Betriebe zur Grünlandnutzung und Silierprozess

Parameter	Ø	von	bis
Grünlandnutzungen/a	3,27	2	5
Zeit zwischen Mahd und Wenden (h)	1,48	0	12
Zeit zwischen Wenden und Schwaden (h)	11,25	2	24
Zeit zwischen Schwaden und Einfahren (h)	7,45	0	16

45 % der befragten Betriebe führen eine jährliche Nachsaat durch, 46 % eine unregelmäßige Nachsaat und 9 % keine Nachsaat. Die Intensität der Nachsaat wirkt sich tendenziell auf den Energiegehalt der Grassilage aus (Abb.1). 80 % der nachsäenden Betriebe nutzen Weidelgrasmischungen für die Nachsaat.

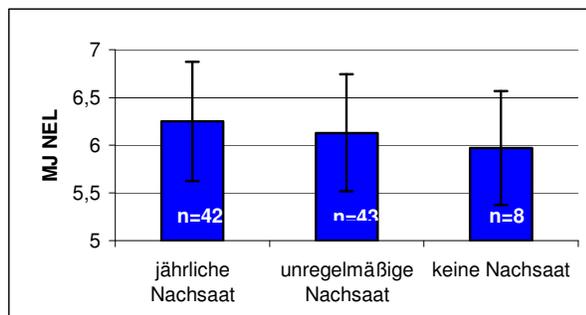


Abb 1: Veränderung der Energiegehalte bei Nachsaaten unterschiedlicher Intensität

Die Milchleistung ist tendenziell von der Silagequalität abhängig, wie die Abbildungen 2 und 3 zeigen.

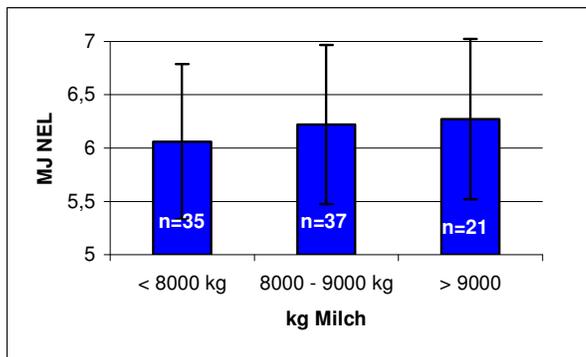


Abb. 2: Durchschnittliche Milchleistung und MJ NEL
1. Schnitt Grassilage der befragten Betriebe

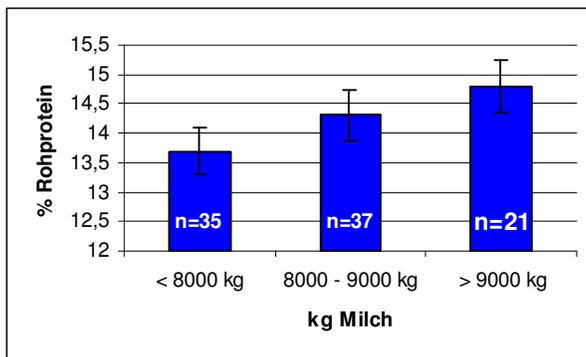


Abb. 3: Durchschnittliche Milchleistung und Rohproteingehalt
1. Schnitt Grassilage der befragten Betriebe

Fazit

Gerade im Zuge steigender Getreidepreise gewinnt das Grünland insbesondere im Bereich der Fütterung von Wiederkäuern noch stärkere Bedeutung. Die Qualität der Grassilage bestimmt den Erfolg des Betriebes maßgeblich. Unabhängig von möglicherweise auftretenden Wetterproblemen zum Zeitpunkt der Silierung wird der Erfolg der Silierung und damit des gesamten Betriebszweiges Milchproduktion maßgeblich von der Bewirtschaftungsform und Bewirtschaftungsintensität des Grünlandes bestimmt. Der Standort spielte in dieser Befragung und der Auswertung eine untergeordnete Rolle. Die gezeigten Entwicklungen sind aufgrund der kleinen Stichprobe, sowie den multifaktoriell beeinflussten Ergebnisse als Tendenzen zu bewerten. Eine bessere Absicherung der Daten erfolgt durch eine mehrjährige Datenerhebung und Auswertung.

Silier- und Dürrfuttermeisterschaften: Neue Kampagnen im Engagement für hohe Futterqualität

M. Boessinger¹⁾, M. Lobsiger²⁾ und U. Wyss³⁾

¹⁾ AGRIDEA, Tierhaltung & Lebensmittelqualität, CH-8315 Lindau
Email: marc.boessinger@agridea.ch

²⁾ AGFF, Profi-Lait, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich

³⁾ Agrosope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux

Futterbau und Futterqualität Schweiz

Die Schweiz ist naturgemäss ein auf Viehhaltung ausgerichtetes Land. Die Grundfutterqualität von Wiesen und Weiden hat dadurch auch in der leistungsorientierten Milchwirtschaft ihren hohen Stellenwert behalten. Seit Jahrzehnten gilt der Grundsatz «Soviel gutes Grundfutter wie möglich, sowenig Kraftfutter wie nötig». Der anhaltende Zuchtfortschritt, der zunehmende wirtschaftliche Druck in der Milchwirtschaft und die Notwendigkeit, die natürlichen Ressourcen effizient zu nutzen, erfordern eine gezielte Fütterungsplanung und -praxis sowie grosse Sorgfalt bei der Herstellung von qualitativ einwandfreiem Grundfutter. Die Schweiz verfolgt im Futterbau damit seit langem die Strategie der «abgestuften Bewirtschaftungsintensität». Wiesen und Weiden werden je nach Standortverhältnissen intensiv, mittelintensiv oder extensiv bewirtschaftet. Viele Grünlandflächen – insbesondere in schwierig zu bearbeitenden Lagen – werden so vermehrt auch extensiv bewirtschaftet. Solche Flächen liefern vor allem Futter für Aufzuchttiere, Mutterkühe, Schafe oder Pferde. Die Agrarpolitik unterstützt diese nachhaltige Bewirtschaftungsstrategie, werden auf diese Weise doch nebst der Produktion von hochwertigem Futter ökologisch wertvolle Flächen erhalten oder gefördert.

Hilfsmittel zur Einschätzung der Futterqualität

Eine sorgfältige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden und der Nutzen, den ein Landwirt aus dem Futterwert und dem Ertrag seiner Grünlandaufwüchse ziehen kann, erfordern Kenntnisse in Bezug auf die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände, den Eigenschaften und Zeigerwerten von Gräsern, Leguminosen und Kräutern und den richtigen Nutzungszeitpunkt der Bestände. Diese Kenntnisse wurden bis anhin in hohem Masse auf allen Stufen der agronomischen Ausbildung und Beratung gefördert und in Praxisempfehlungen oder Hilfsmitteln für die Praxis vermittelt (Schübach und Boessinger, 2006). Hervorzuheben ist diesbezüglich insbesondere das Engagement der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF), in welcher Forschung, Beratung, Lehre und Praxis gemeinsam an Grundlagen, Empfehlungen und Hilfsmitteln für den Qualitätsfutterbau arbeiten. Praktikable Arbeitsinstrumente zur Einschätzung der Futterqualität sind zum Beispiel der «Schlüssel zur Einschätzung

der Grassilage- bzw. der Dürrfutterqualität, der Ernterapport in Kombination mit dem AGFF-Merkblatt Nr. 3 „Bewertung von Wiesenfutter“ und eine Vielzahl von weiteren Merkblättern von AGFF, Agroscope, AGRIDEA und der Schweizerischen Vereinigung für Silowirtschaft SVS.

Qualität des konservierten Grundfutters

In welchen Bereichen die durchschnittliche Qualität von Dürrfutter in der Schweiz liegt, zeigen die Werte aus den Dürrfutter-Enquêtes der vergangenen fünf Jahre bzw. der Verlauf der Dürrfutterqualität im Laufe der vergangenen 25 Jahre (Boessinger, 2008). Bei Grassilagen belegen zudem die Resultate der ersten Schweizerischen Siliermeisterschaft 2006 (Wyss und Piccand, 2008) eine gute Grundfutterqualität, wobei das Potenzial im Allgemeinen noch nicht ausgeschöpft ist.

Futtermeisterschaften als Beratungs-Tool

Der zeitliche und wirtschaftliche Druck, der auf den Landwirtschaftsbetrieben lastet, sowie die tendenzielle Zunahme des Kraft- und Ergänzungsfuttereinsatzes in der Milchproduktion haben nicht nur dazu geführt, dass viele Arbeitsabläufe rationalisiert wurden sondern leider auch dazu, dass dem Grundfutter in der Fütterung weniger Beachtung geschenkt wird. Futtermeisterschaften sollen diesem Trend entgegen wirken und mithelfen, das Qualitätsbewusstsein für das betriebseigene Grundfutter aktiv zu fördern. Futtermeisterschaften sind ein neuartiges Beratungsinstrument, in welchem die Teilnehmer und weitere interessierte Landwirte in einer Kombination von Leistungsschau, Informationsveranstaltung und Beratungsdienstleistungen die Gelegenheit erhalten, sich im freundschaftlichen Wettbewerb zu messen („Benchmarking“), Erfahrungen auszutauschen („vom Nachbarn lernen“) und neueste Erkenntnisse aus Forschung und Beratung kennen zu lernen („Wissenstransfer“). Die Meisterschaft an sich steht somit für die Veranstalter nicht im Vordergrund: sie dient vielmehr als didaktisches Instrumentarium, um die Sensibilität und das Fachwissen für eine hochwertige Grundfutterproduktion aller Landwirte zu fördern.

Aktuelle Grundfuttermeisterschaften der Schweiz

Erste Futtermeisterschaften auf regionaler Ebene fanden in der Schweiz ab dem Jahr 2005 statt. Damals wurde die erste Ostschweizer Siliermeisterschaft durchgeführt. Danach folgte im Jahr 2006 die erste Schweizerische Siliermeisterschaft, in welcher sich über 200 Landwirte an 12 Regionalmeisterschaftsstandorten in der Frage massen, wer die beste und die wirtschaftlichste Grassilage produziert. In drei Ausscheidungsrunden wurden in drei Kategorien je drei Siegerbetriebe erkoren (A. Vetsch *et al.*, 2007). Mit dieser ersten nationalen Meisterschaft ist es gelungen, die Bedeutung guter Silagequalität ins Bewusstsein zu rufen und aufzuzeigen, wie Silage bezüglich Qualität und Wirtschaftlichkeit beurteilt und verbessert werden kann. Als Fortsetzung der Schweizerischen Siliermeisterschaft 2006 wurde zwei Jahre darauf die freiburgische Maissiliermeisterschaft sowie auf nationaler Ebene die Schweizer Dürrfuttermeisterschaft 2008 lanciert.

Schweizer Dürrfuttermeisterschaft 2008

Die Ausschreibung zur Schweizer Dürrfuttermeisterschaft (Heu und Emd), erfolgte im März 2008 über die landwirtschaftliche Fachpresse und die an der Durchführung beteiligten Institutionen. Ab August 2008 werden an elf Standorten regionale Ausscheidungen stattfinden (1. Etappe). In dieser Vorrunde werden die teilnehmenden Betriebe durch Fachlehrer und -berater der regionalen Weiterbildungszentren betreut. Die Teilnehmer müssen eine mitgebrachte Probe ihres betriebseigenen Dürrfutters sensorisch einschätzen (Sinnenprüfung) und zudem vier standardisierte, fremde Dürrfutterproben beurteilen. Im Vorfeld der regionalen Ausscheidung ist von jedem Landwirt zudem der „Ernterapport“ zu führen und dem Regionalstandort zuzustellen. Der Rapport beinhaltet eine chronologische Aufzeichnung aller Ernten bezüglich Schnittzeitpunkt, Pflanzenbestand, Entwicklungsstadium, Erntemenge, Konservierungsart und Konservierungsverlauf und erlaubt mit Hilfe eines EDV-Programms eine gute Einschätzung der Dürrfutterqualität (Ertrag, Nährwert, Milchproduktionspotential). Die Auswertung des Ernterapports fließt in die Wertung der Vorrunde mit ein. Die Regionalmeisterschaften sind als Weiterbildungsveranstaltungen für die teilnehmenden Landwirte organisiert, um zu lernen, mit eigenen Sinnen und Hilfsmitteln, Dürrfutter richtig einzuschätzen.

Die besten Betriebe der Vorrunde/Regionalmeisterschaften werden für die Finalrunde nominiert und detaillierter beurteilt (2. Etappe). Anlässlich eines Betriebsbesuches durch Fachpersonen werden die Wirtschaftlichkeit der Dürrfutterproduktion über eine Grundfutterkostenkalkulation beurteilt, eine Heustockprobe für die Analyse durch ein Probenlabor gezogen, die Wiesen anlässlich einer Begehung eingeschätzt und auch umweltrelevante Kriterien erfasst. Von den Betrieben der Finalrunde, welche die besten Ergebnisse bezüglich Futterqualität und Wirtschaftlichkeit aufweisen, werden im November 2008 in vier Kategorien die Schweizer Dürrfuttermeister 2008 erkoren.

Botschaften und Ziele von Grundfuttermeisterschaften

Grundfuttermeisterschaften sind für die Organisatoren ein neuartiges Beratungs- und Informationsinstrument, mit welchem mehrere Ziele verfolgt werden:

- Grundfuttermeisterschaften zeigen die hohe Bedeutung des betriebseigenen Futters für die Wertschöpfung in der Milch- und Fleischproduktion auf;
- sie animieren die Landwirte zu einer nachhaltigen Grundfutterproduktion;
- sie verbessern die Grundfutterqualität auf dem eigenen Betrieb;
- sie zeigen Kostensenkungspotenziale in der Grundfutterproduktion auf;
- sie schärfen das Bewusstsein für eine schonende Wiesenbewirtschaftung und die Bereitung von qualitativ hochwertigen Futterkonserven;
- sie fördern die Fähigkeit des Landwirts, Dürrfutter und Silage korrekt zu beurteilen.

Literatur

BOESSINGER, M. (2008): 25 Jahre Dürrfutter-Enquête Schweiz: Erkenntnisse und Folgerungen. *Tagungsband AGGF-Tagung 2008 (gleicher Band)*

Workshop 6
Verlustarme Konservierung von Wiesenfutter

- SCHÜPBACH, H. UND BOESSINGER, M. (2006): Steckbrief aktueller Werkzeuge zur Grundfutterbewertung; *Kursunterlagen (2006): AGRIDEA-Kurs 06.253; Grundfutterqualität optimieren*
- VETSCH, A. (2007): Schweizer Siliermeisterschaft 2006: *BauernZeitung, Nr 15; 21-27*
- WYSS, U. UND PICCAND, V. (2008): Nährwert und Gärqualität von Grassilagen aus der Praxis. *Tagungsband AGGF-Tagung 2008.*

25 Jahre Dürrfutter-Enquête Schweiz Erkenntnisse und Folgerungen

M. Boessinger

AGRIDEA, Tierhaltung & Lebensmittelqualität, CH-8315 Lindau
Email: marc.boessinger@agridea.ch

Einleitung

Im Hinblick auf eine optimale Fütterungsplanung für Wiederkäuer ist es wichtig die Qualität von Wiesenfutter und der daraus hergestellten Futterkonservate möglichst genau zu kennen. Dazu gibt es Methoden zur Einschätzung der Grünfutter-, Dürrfutter- und Silagequalität (Schüpbach und Boessinger, 2006) oder die Möglichkeit der chemischen Analyse einer repräsentativen Dürrfutter- bzw. Silageprobe im Labor.

In der Schweiz sind es noch mehrheitlich Dürrfutterproben, die jeweils im Spätherbst in zahlreichen Laboratorien auf ihren Energie-, Nährstoff- und Mineralstoffgehalt hin untersucht werden. Die Analysenergebnisse dienen dem Landwirt auch dazu, Fütterungspläne für die Winterfütterung zu erstellen. Um die Vielzahl der jährlichen Probenresultate auch anderen Landwirten, Beratern und Lehrpersonen zugänglich zu machen, werden seit 1978/79 im Rahmen einer jährlichen Dürrfutter-Enquête regionale Durchschnittswerte zusammengetragen, interpretiert und publiziert (Boessinger, 2007). Zum einen sind diese Daten regionale Vergleichswerte zu eigenen Raufutteranalysen oder sie ergänzen die Beurteilung von Dürrfutter mit anderen Bewertungshilfen. Zum anderen sind die Daten, ausgewertet über Jahre, Anhaltspunkte für jährliche Qualitätsschwankungen oder ermöglichen es, die Qualitätsentwicklung von Dürrfutter über Zeiträume zu verfolgen und zu interpretieren.

Methodik

Jeweils im Herbst werden der AGRIDEA von den beteiligten Futtermittel Labors die bereits vorliegenden, anonymisierten Dürrfutter-Analysedaten zugestellt. Die jährliche Auswertung der Datensätze erfolgt gemäss den Resultaten der Standardanalysen (RA, RF, RP, NEL, APDE, APDN; ab 2008 auch NDF, ADF) bzw. der Mineralstoffanalysen (Ca, P, Mg, K).

Für belüftetes Dürrfutter werden die Ergebnisse gemäss Postleitzahl der Ursprungsbetriebe über eine Einteilung der Schweiz in 12 Regionen und 4 Höhenstufen (A: ≤ 599 ; B: 600-799; C: 800-999; D: ≥ 1000 m.ü.M.) ausgewiesen. Die Gebietseinteilung der Schweiz wurde auf Grundlage von Klima und Bodenart vorgenommen. Die Grenzen zwischen den 12 Erfassungsregionen der Schweiz sind in Abbildung 1 ersichtlich.



Abb. 1: Zwölf Erfassungsregionen der Dürrfutter-Enquête Schweiz

Resultate und Diskussion

Im Laufe von über 25 Jahren (1979-2007) fanden insgesamt 58'104 Dürrfutterproben Eingang in die jährlichen Dürrfutter-Enquêtes. Im Durchschnitt der Jahre entspricht dies ca. 2100 Proben. Etwa 85% dieser Proben stammen von belüftetem Dürrfutter, der Rest ist unbelüftet. Annähernd 70 % der Proben betreffen den ersten Schnitt und somit die Hauptmenge des eingelagerten Winter-Dürrfutters.

Die durchschnittliche jährliche Probenzahl variiert je Region und Höhenlage zum Teil stark. Zahlreich werden Analysen in den typischen Futterbauregionen der Kantone Bern, Fribourg, Aargau, Luzern und Zürich in Auftrag gegeben. Eher wenige Analysen entstammen den Kantonsgebieten der Nordwestschweiz, Jura, Wallis und Tessin.

In Abbildung 2 ist die Entwicklung der Nährwerte NEL, VP, APD, APDE, APDN über alle Regionen und Höhenstufen von belüftetem und unbelüftetem Dürrfutter im Laufe der Jahre 1979 bis 2007 ersichtlich. Im Wesentlichen sind es zwei Einflüsse, welche den Qualitätsverlauf stark beeinflussen. Einerseits sind es wetterbedingte Einflüsse, welche im Falle hoher Niederschlagsmengen und Kälteeinbrüchen tiefere Energiewerte verursachen. Markant wirkten sich nachweislich die Jahre 1983, 1987, 1999 und 2001 aus. Trocken- und Hitzeperioden, wie in den Jahren 1989, 1994, 2003, 2005 und 2006, bewirken eher höhere Energiewerte, verursachen jedoch oft Ertragseinbussen. Andererseits erschwert die Einführung veränderter Futterbewertungssysteme die Interpretation des Qualitätsverlaufes. Dies zeigt sich in Abbildung 2 beim Übergang vom VP-System zum APD-System (1984) und beim Wechsel vom APD-System zum APDE-/APDN-System (1994). Auch die Einführung neuer, vom Pflanzenbestand abhängiger Regressionen führte anlässlich deren Umsetzung (1994-97) zu Einbrüchen bei den dargestellten NEL-Werten. Dennoch verlaufen die Nährwerte von belüfteten und unbelüfteten Dürrfutter parallel und trotz begründeten Einbrüchen auf recht hohem Niveau. Im Laufe der Jahre hat die durchschnittliche Qualität des Dürrfutters sowohl bezüglich Energie als auch in Bezug auf die APD-Werte zugenommen, wobei dieser Trendverlauf aufgrund der ungünstigen Witterung im Frühjahr 2007 erneut einen leichten Einbruch erfuhr.

Workshop 6
Verlustarme Konservierung von Wiesenfutter

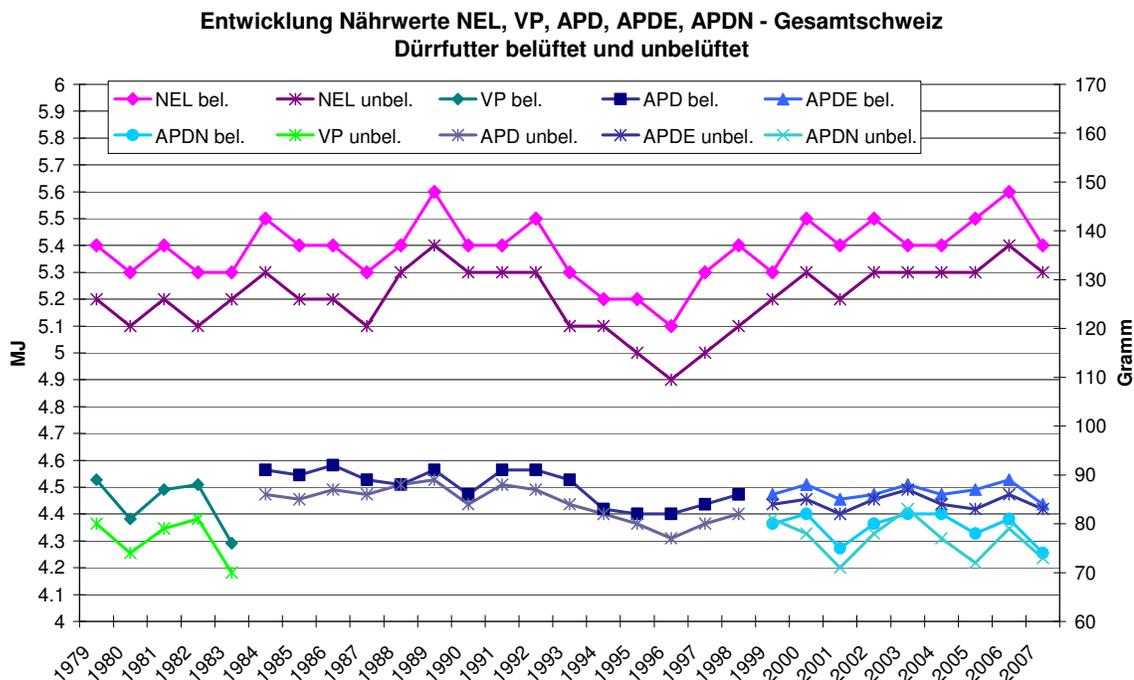


Abb. 2: Entwicklung der Dürrfutterqualität Schweiz bezüglich Energie und Protein

In welchen Bereichen die durchschnittliche Qualität von Dürrfutter (belüftet und unbelüftet) aktuell liegt, zeigen vergleichende Werte in Tabelle 1 aus den Resultaten der Dürrfutter-Enquêtes von 2003 bis 2007.

Tab. 1: Gehaltswerte von Dürrfutter der Jahre 2003 bis 2007 (über 12 Regionen der Schweiz und 4 Höhenstufen; Gehalte je kg Trockenmasse)

Futterart	Jahr	Anz. Proben	NEL ¹⁾ MJ	RF g	RP g	APDE g	APDN g	Ca g	P g	Mg g	K g
Dürrfutter belüftet	2003	2174	5.4	256	133	88	82	7.9	3.4	2.4	27.2
	2004	1730	5.4	241	134	82	82	8.6	3.6	2.4	28.0
	2005	1519	5.5	244	129	78	78	7.5	3.4	2.4	27.2
	2006	1180	5.6	237	133	81	81	7.7	3.2	2.2	25.9
	2007	1225	5.4	257	120	74	74	7.1	3.4	2.1	27.0
Dürrfutter unbelüftet	2003	174	5.3	264	132	87	83	9.0	3.0	2.6	25.1
	2004	187	5.3	258	125	84	77	9.0	3.3	2.3	26.4
	2005	126	5.3	267	118	83	72	8.9	3.1	2.4	25.8
	2006	128	5.4	261	127	86	79	8.6	3.0	2.4	24.0
	2007	239	5.3	266	118	83	73	7.4	3.3	2.1	27.0

¹⁾ NEL: Netto Energie Laktation nach Schweizerischen Formeln

²⁾ APDE: Absorbierbares Protein am Darm; Basis: mikrobeverfügbare Energie

³⁾ APDN: Absorbierbares Protein am Darm; Basis: mikrobeverfügbarer Stickstoff

Schlussfolgerungen

Die Wiesen- und somit die Dürrfutterqualität wurde im Laufe der vergangenen 25 Jahre regional mehrheitlich verbessert. Von grossem Einfluss auf die Qualität des Dürrfutters ist dabei vor allem der Schnitzeitpunkt im ersten Aufwuchs. Dieser wird wesentlich durch die regionalen Wetterbedingungen im Frühjahr beeinflusst. Durchschnittliche Gehalts- und Nährwerte ermöglichen ein hohes Leistungspotenzial aus dem betriebseigenen Grundfutter. Regional wiederkehrende Dürrfutter-Spitzenwerte zeugen für eine sehr hohe Futterqualität sowie Sorgfalt und hohem Engagement in Futterbau und Futterkonservierung. Eine abnehmende Zahl von Dürrfutter-Auftragsanalysen (vergleiche Tabelle 1) bestätigt die zunehmende Bedeutung von Silowirtschaft und Silagequalität gegenüber der Dürrfutterbereitung. Seit 2007 wurden deshalb erstmals auch Analysenresultate von Gras- und Maissilagen in die Auswertung mit einbezogen, wonach die Bezeichnung «Dürrfutter-Enquête» in «Raufutter-Enquête» umbenannt wurde. Zielsetzung ist seit 2007, die Raufutter-Enquête zukünftig unter Einbezug von Silagenanalysen umfassend zu erweitern und weiter zu aktualisieren.

Literatur

SCHÜPBACH, H. UND BOESSINGER, M. (2006): Steckbrief aktueller Werkzeuge zur Grundfutterbewertung; *Kursunterlagen (2006): AGRIDEA-Kurs 06.253; Grundfutterqualität optimieren*

BOESSINGER, M. (2007): Dürrfutterenquête 2007. *Jahrespublikation AGRIDEA-Lindau*

Nährwert und Gärqualität von Grassilagen aus der Praxis

U. Wyss¹ und V. Piccard²

¹Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux;
Email: ueli.wyss@alp.admin.ch

²Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, CH-3052 Zollikofen

Einleitung und Problemstellung

Qualitativ hochwertige Silagen sind eine wesentliche Voraussetzung für hohe tierische Leistungen und bestimmen damit massgebend den wirtschaftlichen Erfolg. In der Schweiz gibt es keine umfassenden Daten zum Nährwert und der Gärqualität der Silagen aus Praxisbetrieben. Mit der Durchführung der ersten Schweizerischen Siliermeisterschaft wollte man Daten zur Silagequalität in Praxisbetrieben erheben. Zudem wollten wir mit diesem Wettbewerb die Landwirte für Qualitätsfragen bei der Grassilageherstellung sensibilisieren und mit zusätzlichen Erhebungen auch mögliche Kostensenkungspotenziale aufzeigen.

Material und Methoden

Im Rahmen der ersten Schweizerischen Siliermeisterschaft wurden im Jahr 2006 von den Betrieben, welche bei den Regionalmeisterschaften anhand der Sinnenprüfung die besten Silagequalitäten aufwiesen, der Nährwert und die Gärqualität der Grassilagen untersucht. Insgesamt wurden von 100 Betrieben aufgeteilt auf die drei Kategorien Talzone, voralpine Hügelzone und Bergzone I sowie Bergzonen II bis IV Grassilageproben entnommen. 42 % der Proben stammten aus Rundballen, 34 % aus Flachsilos, 16 % aus Hochsilos und 8 % aus Harvestore-Silos. 22 % der Silagen waren mit einem Siliermittel behandelt. Dabei wurden vor allem Milchsäurebakterien-Präparate eingesetzt.

Analysiert wurden in den Proben der Trockensubstanz(TS)-Gehalt, der Rohasche-, Rohprotein-, Rohfaser- und Zuckergehalt sowie der pH-Wert, weiter der Ammoniakgehalt und die Milch-, Essig- und Buttersäure. Die Energiegehalte (NEL) wurden nach den schweizerischen Formeln (ALP 2006) sowie auch nach den deutschen Formeln (GfE 1998) berechnet. Die APDE- und APDN-Werte wurden nach den Formeln im Grünen Buch (ALP 2006) berechnet. Die Gärqualität der Silagen wurde anhand des DLG-Schlüssels 2006 beurteilt. Hier werden die Kriterien Buttersäure, Essigsäure und pH-Wert bewertet. Die Maximalpunktzahl beträgt 100 Punkte.

Ergebnisse und Diskussion

Aus Tabelle 1 sind die Gehaltswerte der Silagen getrennt nach den drei Kategorien dargestellt. Mit durchschnittlich 44 % TS war das Futter gut angewelkt,

doch zwischen den Betrieben schwankten die Werte zwischen 20 und 73 %. Auch bei den Rohnährstoffen variierten die Werte relativ stark, was anhand der Streuungen ersichtlich ist. Im Durchschnitt wiesen die Silagen nach den verschiedenen Höhenstufen sehr ähnliche Werte auf. Einzig bei den Zuckergehalten wiesen die Silagen aus dem Berggebiet im Vergleich zu den tieferen Lagen höhere Werte auf.

Die NEL-Gehalte, berechnet mit den Formeln für eine unbekannt botanische Zusammensetzung, wiesen im Durchschnitt einen Wert von 5.8 MJ pro kg TS auf. Die Werte variierten zwischen 4.2 und 6.4 MJ. Im Vergleich zu den deutschen NEL-Werten sind die schweizerischen NEL-Werte um durchschnittlich 0.4 MJ tiefer.

Zwischen den drei Kategorien waren sowohl die NEL- als auch die APDE- und APDN-Werte sehr ähnlich. Auch im Berggebiet ist es somit möglich, nährstoffreiche Silagen zu produzieren.

Tab. 1: Rohnährstoffgehalte und Nährwerte der Silagen aufgeteilt nach den drei Kategorien (Mittelwerte und Streuungen)

		Talzone		Voralpine Hügelzone und Bergzone I		Bergzonen II bis IV	
		x	s	x	s	x	s
Anzahl		53		27		20	
TS-Gehalt	%	42.9	9.5	46.1	13.3	43.5	9.3
Rohasche	g/kg TS	115	23	108	23	103	25
Rohprotein	g/kg TS	175	40	167	38	170	35
Rohfaser	g/kg TS	245	28	252	33	232	23
Zucker	g/kg TS	47	45	54	48	85	60
NEL ¹⁾	MJ/kg TS	5.8	0.4	5.7	0.4	5.9	0.3
APDE	g/kg TS	80	6	81	6	82	5
APDN	g/kg TS	110	25	105	24	107	22
NEL ²⁾	MJ/kg TS	6.1	0.3	6.2	0.3	6.4	0.4

1) NEL: Netto Energie Laktation nach den schweizerischen Formeln

2) NEL: Netto Energie Laktation nach den deutschen Formeln

APDE: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energiemenge aufgebaut werden kann

APDN: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann

Die Gärqualität der Silagen war mit durchschnittlich 87 DLG-Punkten gut. Es konnten keine grossen Unterschiede zwischen den drei Kategorien festgestellt werden (Tab. 2). Feuchtere Silagen wiesen eine intensivere Gärung auf. Dementsprechend sind die Gärsäuren, insbesondere die Milchsäure, bei den feuch-

teren Silagen höher als bei den trockeneren Silagen (Abb. 1 bis 3). Hingegen bestand trotz der unterschiedlichen Milchsäuregehalte kein Zusammenhang zwischen TS-Gehalt und pH-Wert (Abb. 4).

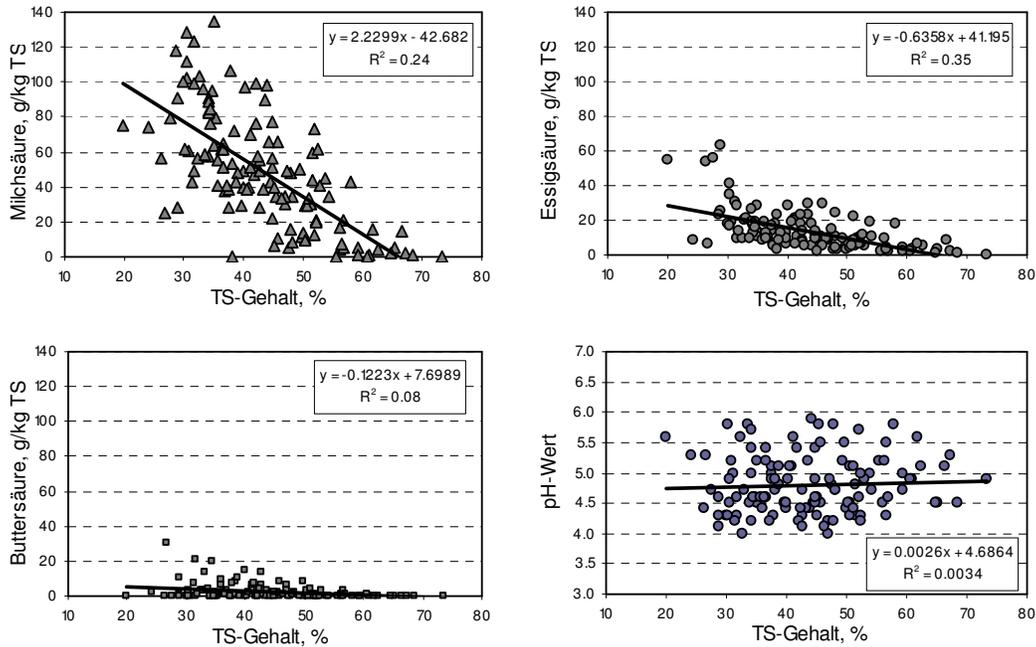
Tab. 2: Gärqualität der Silagen aufgeteilt nach den drei Kategorien (Mittelwerte und Streuungen)

		Talzone		Voralpine Hügelzone und Bergzone I		Bergzonen II bis IV	
		x	s	x	s	x	s
Anzahl		53		27		20	
TS-Gehalt	%	42.9	9.5	46.1	13.3	43.5	9.3
pH-Wert		4.7	0.5	5.0	0.5	4.8	0.4
Milchsäure	g/kg TS	56	33	34	28	39	30
Essigsäure	g/kg TS	15	10	11	14	9	7
Buttersäure	g/kg TS	3	6	2	4	4	5
NH ₃ -N/N tot.	g/kg TS	7.5	2.8	6.1	2.0	5.9	2.1
DLG-Punkte		88	18	85	16	85	18

Die durchschnittlichen TS-Gehalte betragen in den Hoch- und Flachsilos 41 beziehungsweise 42 %, in den Ballen 45 %. In den Harvestore-Silos waren sie mit 51 % am höchsten. Gewisse Unterschiede gab es auch bei den Rohnährstoffen. Die Silagen aus den Hochsilos und Siloballen hatten leicht tiefere Rohfaser- und höhere Rohprotein- und NEL-Gehalte. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass in den Hochsilos und Ballen vermehrt gestaffelt siliert wurde, während in den Flach- und Harvestoresilos grössere Flächen gleichzeitig einsiliert wurden und hier die Schlechtwetterperioden von 2006 einen stärkeren Einfluss hatten. Bei den Siloballen fand im Vergleich zu den drei anderen Silotypen eine etwas geringere Milchsäuregärung und entsprechend weniger starke pH-Wert-Absenkung statt, was mit der geringeren Verdichtung des Futters in Zusammenhang steht.

Die Zusammenstellung der Proben nach Siliermitteleinsatz zeigt, dass bei den Rohnährstoffen praktisch keine Unterschiede zwischen den Silagen ohne oder mit Siliermitteln festgestellt wurden. Der NEL-Gehalt betrug bei beiden Varianten durchschnittlich 5.8 MJ pro kg TS. Auch in Bezug auf den Anwelkgrad gab es praktisch keine Unterschiede. Durchschnittlich betrug die Werte 44.2 % ohne Zusatz und 42.8 % mit Zusatz. Hingegen wiesen die Silagen mit Siliermitteln höhere Restzuckeranteile (67 zu 54 g) und mehr Milchsäure (61 zu 43 g) sowie tiefere pH-Werte (4.6 zu 4.9) auf.

Workshop 6 Verlustarme Konservierung von Wiesenfutter



Abbildungen 1 bis 4: Zusammenhang zwischen TS-Gehalt und Gärssäuren bzw. pH-Werten

Schlussfolgerungen

- Die untersuchten Grassilagen aus der Praxis wiesen im Durchschnitt einen TS-Gehalt von 44 % und einen NEL-Gehalt von 5.8 MJ pro kg TS auf. Zwischen den untersuchten Betrieben variieren die Werte jedoch recht stark.
- Die nach den schweizerischen Formeln berechneten NEL-Gehalte waren im Durchschnitt 0.4 MJ pro kg TS tiefer als die nach den deutschen Formeln berechneten Werte.
- Die Silagen wiesen generell eine gute Gärqualität auf.
- Zwischen den drei Kategorien Talzone, voralpine Hügelzone und Bergzone I sowie Bergzonen II bis IV gab es keine beziehungsweise nur geringe Unterschiede beim Nährwert und der Gärqualität der Silagen.

Literatur

ALP (2006): Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Online-Ausgabe. Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux.

GFE Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (1998). Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, 141-150.

FUPLAN: Ein umfassendes EDV-Tool zur Rationenplanung für Wiederkäuer

M. Boessinger¹, F. Sutter¹ und P. Python²

¹AGRIDEA Tierhaltung & Lebensmittelqualität, CH-8315 Lindau,
Email: boessinger@agridea.ch

²AGRIDEA, Formation, Vulgarisation & Production animale, CH-1000 Lausanne

Ausgangslage

Mit dem AGRIDEA-, ehemals LBL-Fütterungsplan, werden leistungs- und kostengerechte Rationen für Wiederkäuer einfach und verständlich berechnet. Bisher gibt es Arbeitsblätter zur Rationenplanung für Milchkühe, Aufzucht- und Masttiere, Kleinwiederkäuer, zur Mineralstoffversorgung, zur Berechnung von Mischrationen und für die betriebliche Gesamtfutterbilanz. Ab dem Herbst 2008 wird auch die Rationenplanung für Mutterkühe und Kälber in dieselbe EDV-Excel-Arbeitsmappe «FUPLAN» aufgenommen. Dabei wurden Erkenntnisse der Forschung und Anliegen aus Beratung und Praxis berücksichtigt. FUPLAN ist ein in der Schweiz bekanntes, breit abgestütztes, didaktisches Instrument, das Anwendung in Praxis, Ausbildung und Beratung findet.

Basis der Planungsgrundlagen

Mit FUPLAN lassen sich, wählbar in drei Sprachen (deutsch, französisch und italienisch), Rationenpläne inklusive den Fütterungskosten für Milchvieh, Aufzucht-, Masttiere, Kleinwiederkäuer (Schafe und Ziegen) und Mutterkühe berechnen. Die Rationenplanung basiert für alle Arbeitsblätter auf einem modularen Aufbau und einer einheitlichen Vorgehensweise innerhalb der einzelnen Arbeitsblätter (vergleiche Abbildung 1).

Ein Vorteil der Fütterungsplanung mit FUPLAN als EDV-Applikation liegt darin begründet, dass diese als nationale Referenzmethode grundsätzlich auf schweizerischen Forschungs- und Berechnungsgrundlagen basiert (Boessinger, 2006), die im Bedarfsfall durch ausländische Grundlagen ergänzt werden. So wurden beispielsweise im Bereich der Rationenplanung für Milchvieh ergänzende Grundlagen zur Verzehrsschätzung, basierend auf Arbeiten der DLG 2006 integriert und im Bereich der Fütterung von Mutterkuh und Kalb werden die schweizerischen Berechnungsgrundlagen mit aktuellen, französischen Erkenntnissen des INRA 2007, ergänzt.

Die Basis der Planungsmodule ist somit etabliert. Sie entsprechen bezüglich den Bewertungsmaßstäben, Einheiten und Formeln den Maßstäben, welche in der Schweiz und im europäischen Umland angewandt werden und sind dadurch mit solchen vergleichbar, transparent und einfach zu interpretieren. Neue-

rungen in den Planungsgrundlagen werden zudem erst nach Prüfung und Diskussion innerhalb einer nationalen Fütterungsplankommission, bestehend aus rund 20 Vertretern aus Forschung (Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, ETH), Ausbildung, Beratung und der Futtermittelindustrie aufgenommen und umgesetzt.

Möglichkeiten und Neuerungen von FUPLAN

- Das Programm greift auf die aktuelle Schweizerische Futtermittel- und Nährwertdatenbank zurück (Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 2008). Daraus kann eine Auswahl und Anpassung einzelner Futtermittel in einer nachgeschalteten, betriebsspezifischen Futtermittelliste des Betriebes getroffen werden.
- Im Update werden erweiterte Kriterien zur Strukturbewertung der Futtrationen aufgenommen, welche nebst ergänzenden Tabellenwerten bezüglich ADF, NDF, Stärke und Zucker auch praktikabel anwendbare Interpretationshilfen dieser Werte beinhalten. Neu ist zudem die Aufnahme des «Kauindex KI» zur Strukturbewertung einer Ration. Der Kauindex einzelner Futtermittel wird durch deren Gehalt an Zellwandbestandteilen (Verhältnis Stängel-, Blatt-, Blüten- und Wurzelanteile) und der Partikelgrösse des Futtermittels beeinflusst. In FUPLAN wird ein Kauindex der Ration berechnet und optisch angezeigt. Damit ist dieser Index ein leicht verständliches Schätzmass zur Beurteilung der Struktur- und Faserwirksamkeit der Gesamtration.
- Als weiterer Kennwert der Ration wird in den Arbeitsblättern für Milchvieh bzw. für Mutterkühe ein Omega-3-Fettsäurenindex «IT3» zur Optimierung der Fettsäurenversorgung integriert. Auch hierzu wird der Gehalt der Ration an Omega-3-Fettsäuren gesamthaft berechnet und anhand einer Skala optisch angezeigt, welcher Einfluss auf Tiergesundheit und Produktqualität (Milch, Fleisch) zu erwarten ist.
- Neu ist zudem die Aufnahme des Arbeitsblattes «TMR-MuKu» -die Fütterungsplanung für Mutterkuh und Kalb (Boessinger u. Sutter, 2007)-, dessen Grundlagen nach Anregungen aus Praxis und Beratung im Laufe des vergangenen Jahres erarbeitet wurden (vergleiche Abb. 1).
- Mit Hilfe der Mischrationen-Arbeitsblätter «TMR-MiKu bzw. TMR-MuKu» ist es möglich, verschiedenste Rationen, wichtige Kennzahlen und die jeweiligen Kosten der Ration je kg Milch in der Milchviehhaltung bzw. je kg Tageszuwachs des Kalbes in der Mutterkuhhaltung zu berechnen. Das entsprechende Ausgabeblatt der Mischrationen zeigt die Komponenten und die notwendigen Mengen für die direkte tägliche Fütterung oder für die Mischwagenbefüllung unter Berücksichtigung von Tierzahl, Anzahl Futtervorlagen je Tag und Futterresten.

Workshop 6 Verlustarme Konservierung von Wiesenfutter

Mischration für Mutterkühe und Kälber
agridea

Ration: Abendessen	Milchleistung pro kg TS: 100	Laktationsmonat: 6. Monat	Abzug TL-Milch: 1000	Kälber pro Kuh: 1	Anzahl Tiere: 20
Produktionsrichtung: Züchtungskühe/Absetzer	Lebensdauer: 700	Leitlaktationsmonat: 2. H	TZV (20%) (T):	Kalber pro Kuh: 1	

Mischration	Nähr- und Mineralstoffgehalte in 1000 g Trockenmasse (TS)														Nähr- und Mineralstoffgehalte in der Ration																			
	TS	NEL	APDE	APDN	RP	RF	ADF	Zucker	Stärke	Cu	P	Mg	Ns	Kl	ITD	TS	FZV	TSV	TEV	NEL	APDE	APDN	RP	RF	ADF	Zucker	Stärke	Cu	P	Mg	Ns	Preis		
Futtermittel	5	184	9	9	0	2	9	1	9	0	0	0	0	0	100	110	31	53	48,0	765	668	1065	2856	5140	3194	803	0	8,0	32,5	14,3	1,9	3,30		
Dürrfutter A.5	60	5,0	19	63	180	295	531	330	63	0	5,3	3,4	1,5	0,2	83	4	30,00	11,0	3,1	53	48,0	765	668	1065	2856	5140	3194	803	0	8,0	32,5	14,3	1,9	3,30
Grasbläse G.5	35	5,8	19	103	163	256	458	296	39	0	4,6	4,0	1,5	0,2	58	5	32,00	6,0	2,1	12	12,2	165	276	342	538	316	622	82	0	3,1	8,4	3,2	0,4	0,12
Bienenbrot (Gerst) siliert	24	6,4	16	163	253	365	570	249	13	18	3,3	5,5	2,5	0,4	10	-6,25	25,00	10,0	2,4	15	15,3	276	403	608	395	1267	536	31	42	8,0	14,0	6,0	1,0	2,50
Ration Mutterkuh	52	5,3	85	91	142	267					4,8	3,9	1,7	0,2	71	2,56	24,08	2,5	1,0	7	7,0	111	119	186	550	0	0	0	6,3	5,1	2,2	0,3	0,60	
Ration Kälber	80	5,5	91	93	146	238	430	276	89	0	7,3	4,1	2,1	0,2	71	5	30,00	1,5	1,3	7	7,3	120	123	193	314	368	364	111	0	3,6	3,4	2,8	0,3	0,45
Gerste/Mais/Triticale (5:3:2)	97	6,2	105	105	165	31					6,5	4,2	1,1	0,1	4	-0,36	60,00	1,5	1,3	7	15,7	127	105	190	48	0	0	0	0,1	5,4	1,5	0,2	0,30	
Gerste/Mais/Triticale (5:3:2)	87	7,1	91	70	100	32	350	250	100	10	0,4	3,6	1,0	0,1	4	-0,31	60,00																	
Sojabrot 445 RP	60	6,3	230	324	433	57					3,2	6,8	3,2	0,4	4	-0,1																		
Frucht, Cu:P 0,5:1											30	150	20	40			222,00	0,0																
Yakobalz																	45,00	0,0																
Summe Ration Mutterkuh																	14,2	27,1	14,2	78	75,5	1207	1287	2095	3788	7423	4414	916	42	68	55	23	3	8,52
Summe Ration Kälber																	4,1	5,5	3,8	22	24,3	368	347	529	702	358	564	111	0	11	16	0	1	1,95

Effektives Cu:P-Verhältnis der Gesamtration: **0,37 : 1**

Effektives NEL Ration Kälber: 6,33

Effektives NEL Ration Mutterkuh: 6,44

Verdauungsbedarf Kälber: 23,6

Verdauungsbedarf Mutterkuh: 26

Düngung durch Virestr: 24,3

Düngung durch Sojabrot: 111

Benötigte Milchleistung: 0,57

Abk

Ration energetisch	
Auf gewöhnlichen TZV energetisch	
Mineralstoff- u. Vitamengehalt	
Einkaufspreis Ergänzungsfutter	

Zuteilung der Ergänzungsfütter, kg pro Tier und Tag

Ziel-TZV	1200	1210	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290	1300	1310	1320	1330	1340	1350
Nötige Milchmenge/Tag in kg	8,6	8,8	9,0	9,3	9,5	9,8	10,0	10,2	10,5	10,7	10,9	11,2	11,4	11,7	11,9	12,1
Gerste/Mais/Triticale (5:3:2)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Frucht, Cu:P 0,5:1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yakobalz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kaufpreissetzung für das Kalb für den gleichen TZV (kg FS)																

Abbildung 1: Arbeitsblatt «Mischration für Mutterkühe und Kälber»

Fazit

Eine Fütterungsplanung für Milchvieh, Mast- und Aufzuchttiere ist mittlerweile selbstverständlich und wird von den meisten Rindviehhaltern mit Hilfe von Planungsformularen oder Computerprogrammen eigenständig oder durch den Fütterungsberater ausgeführt. Die Fütterungsplanung für Schafe und Ziegen sowie für Mutterkühe und Kälber entspricht nicht im gleichen Masse einem Bedürfnis der Praxis. Gleichwohl wurden auch diese Module auf Wunsch von Beratung und Praxis erarbeitet, um einerseits in diesen Bereichen zu verfügen und andererseits, um auch der Praxis ein Instrument anzubieten, womit sich die Fütterung von Ziegen und Schafen sowie von Mutterkühen mit Kälbern planen, berechnen und überprüfen lässt. Dadurch lassen sich Engpässe in der Bedarfsdeckung besser vermeiden sowie Fütterungskosten und Tiergesundheit besser managen.

Literatur

AGROSCOPE LIEBEFELD-POSIEUX ALP (2008): Schweizerische Futtermitteldatenbank. Zugang: <http://www.alp.admin.ch/themen/01240/index.html?lang=de> (9.4.2008)

BOESSINGER, M. (2006): Tierernährungsforschung zwischen wissenschaftlichem Anspruch und praktischer Relevanz am Beispiel von Futterbewertung und Fütterungsplanung für Wiederkäuer. *Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkte-Umwelt, ETH-Zürich, Band 28: 30-40*

BOESSINGER, M., SUTTER F. (2007): Milchviehfütterung: Rationen einfach und verständlich berechnen. *Schweizer Bauer 96/07: 44*

DLG-ARBEITSKREIS FUTTER UND FÜTERUNG (2006): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. *DLG-Information 1/2006: 1-29*

Tables INRA (2007) : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux-valeurs des aliments. *Edition Quae c/o Inra, 78026 Versailles Cedex : 57-77.*

Folienlose Abdeckung von NaWaRo-Silagen: Auswirkungen auf die Silagequalität

H. Nussbaum

Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, Am Atzenberger Weg 99,
D-88326 Aulendorf, Email: hansjoerg.nussbaum@lvvg.bwl.de

Einleitung

Die Silagebereitung beruht auf Milchsäuregärung unter Luftabschluss. Bei rascher und nachhaltiger Fermentation sowie fehlendem Luftzutritt während der Lagerung sind die Verluste an Trockenmasse gering. In Zusammenhang mit der Konservierung von „Nachwachsenden Rohstoffen“ für Biogasanlagen werden auch sehr große Mengen an Futterpflanzen aus Kostengründen und arbeitswirtschaftlichen Überlegungen ohne Folienabdeckung gelagert. Das hat Auswirkungen auf die Verluste an Trockenmasse und Energie.

Material und Methoden

Auf sechs Biogasbetrieben wurden von Oktober bis Dezember 2006 alle drei, danach bis September 2007 alle vier Wochen an drei definierten Schichten (20 und 50 cm unterhalb der Oberkante sowie ca. 50 cm über Siloboden) Proben von Maissilagen gewonnen. Alle Silagen waren nicht mit Folie abgedeckt, aber teilweise begrünt (Tab.1). Vor Ort wurden Raumgewicht, Temperatur und sensorisch der hygienische Zustand erfasst. Die Proben wurden auf Futterwert und Gärqualität (HPLC) untersucht. Die Ergebnisse beziehen sich jeweils auf die um bei der Trocknung flüchtigen Substanzen korrigierte Trockenmasse (TM_k).

Tab.1: Art der Siloanlage, max. Befüllhöhe (m) und Abdecksystem der beteiligten Betriebe

Betrieb	Siloart	Höhe m	Abdecksystem
1	Fahrsilo	4-5	Ölrettich, gehäckselt, Schicht frisch ca. 50 cm
2	Siloplatte, teilweise Wände	5-6	ohne, teilweise Getreide oder Rapsaufsaat
3	Siloplatte	8-9	ohne, teilweise Sudangras (frisch ca. 10 cm)
4	Fahrsilo	3-4	2/3 ohne, 1/3 mit Folie
5	Fahrsilo	3-4	Einsaat Getreide, danach Gülle zur Ansaat
6	Siloplatte, teilweise Wände	6-7	Einsaat Getreide u. Bohnen, danach Beregnung

Ergebnisse und Diskussion

Gut verdichtete Maissilagen sollten mindestens 230 bis 250 kg TM/m³ aufweisen. Niedrige Verdichtung bedeutet, dass Luft und Regen in die Silage eindringen und sich somit aerophile Hefe- und Schimmelpilze rasch vermehren können. In der obersten Schicht erreichten nur 3 Betriebe das Mindestziel von über 200 kg TM/m³. Ursache dafür sind die großen Silohaufen, die zum Schluss nicht mehr gefahrlos gewalzt werden können und sich das Befahren auf die Verteilung des Futters reduziert. Im Mittel wurden 183 kg TM/m³ erreicht (Tab. 2), die Spanne reicht von 70 bis 270 kg TM/m³. In der zweiten Schicht lag die Verdichtung im Mittel bei 226 kg TM/m³. Nur zwei Betriebe mit Fahrsilo wiesen eine optimale Verdichtung auf. Im unteren Bereich war die Verdichtung bei allen Silagen mit im Mittel 264 kg TM/m³ sehr gut.

Tab.2: Temperatur, Raumgewicht und Gärqualität der untersuchten Silagen

Lage	n	Temp.	Raumgewicht		pH	Milch- säure	Essig- säure	Butter- säure	Ethanol	
		max. °C	Ø	min.						max.
1	83	48	183	70	270	4,2	2,6	2,0	0,2	0,8
2	83	42	226	75	285	4,0	4,0	2,2	0,1	1,3
3	83	30	264	155	311	3,8	5,7	1,7	0,0	1,8

TM_k: korrigierte TM; berücksichtigt flüchtige Substanzen

In der obersten Schicht wurden im Mittel aller Abdeckverfahren fast 50 °C erreicht (Tab. 2), wobei in einem Fall die Maximaltemperatur bei 64 °C lag. Die höchsten Temperaturen wurden in den ersten 4-8 Wochen nach der Ernte gemessen. In der zweiten Schicht lagen die Maximalwerte bei rund 40 °C. Die Erwärmung hält hier etwa 2-3 Monate ab der Ernte an. In der untersten Schicht beginnt die Erwärmung erst nach 8-12 Wochen und erreicht mit durchschnittlich 30 °C immer noch hohe Temperaturen.

In den Silagen nahmen von oben nach unten die Gehalte an Milchsäure und Ethanol zu, demgegenüber die pH-Werte und Gehalte an Essig- und Buttersäure ab (Tab. 2). Die TM-Gehalte nahmen in allen Schichten durch Eintrag von Niederschlagswasser und Abbauprozesse ab. Die Effekte sind im obersten halben Meter stärker als unten im Silo (Tab. 3).

Die Energiegehalte der Maissilagen schwankten sowohl zwischen den Betrieben als auch innerhalb der jeweiligen Schichten und Probenahmeterminen stark (Tab. 3). Das ist zum einen auf die punktuelle Probenahme, aber auch auf unterschiedliches Ausgangsmaterial bei der Ernte (verschiedene Sorten, Schläge, Ernteterminen) zurück zu führen. Im obersten halben Meter lag die Energiekonzentration direkt nach der Ernte bei vier Silagen im Bereich von 6,2 bis 6,4 MJ NEL/kg TM, nur zwei Silagen erreichten die Zielgröße von 6,5 MJ NEL/kg TM. Im Mittel der Probenahmeterminen wiesen die Schichten Energiegehalte von 5,8 bis 6,0 MJ NEL/kg TM auf.

Tab.3: Futterwertparameter der untersuchten Maissilagen

Lage	n	TM _k %			Roh- protein	Roh- faser % i. TM _k	Roh- asche	NEL MJ/kg TM		
		Ø	max.	min.				Ø	max.	min.
1	83	28,0	32,4	25,1	7,0	25,5	5,1	5,8	6,2	5,4
2	83	30,0	33,2	28,5	7,3	24,2	4,9	5,9	6,3	5,7
3	83	32,1	33,1	29,8	7,5	23,4	4,7	6,0	6,3	5,8

Mit zunehmender Lagerdauer nahmen die Energiegehalte im oberen halben Meter um 0,6 bis 0,7 MJ NEL/kg TM ab. Unten im Silo traten Energieverluste von 0,3 bis 0,5 MJ NEL/kg TM auf. Die Energieverluste gehen einher mit Zunahme der Rohfaser- und Rohaschegehalte (Tab. 3).

Zusammenfassung

Für Biogasanlagen werden große Mengen an Futterpflanzen konserviert, die aus Kostengründen und arbeitswirtschaftlichen Überlegungen auch ohne Folienabdeckung gelagert werden. Das hat Auswirkungen auf Verluste und Qualität der Silagen. Durch den Verzicht auf Folienabdeckung dringen Wasser und Sauerstoff in den Silagestapel ein. In den vorliegenden Untersuchungen wurden neben einer verminderten Verdichtung auch erhöhte Temperaturen und ein Rückgang der Energiekonzentration festgestellt. Demgegenüber nahmen die schwer- oder nicht verdaulichen Inhaltsstoffe zu. In den Silagen nahmen von oben nach unten die Gehalte an Milchsäure und Ethanol zu, demgegenüber die pH-Werte und Gehalte an Essig- und Buttersäure ab.

Die auf Grund fehlender Folienabdeckung zusätzlichen TM-Verluste wurden auf der vorliegenden Datenbasis auf mindestens 15 % (absolut) kalkuliert. Die tatsächlichen Verluste sind vermutlich deutlich höher anzusetzen, weil die Verderbschichten, die als relativ konstant bleibend beobachtet wurden, ursprünglich mindestens einer doppelten bis dreifachen Schicht unverdorbenen Futters entsprachen. Des Weiteren sind die Energieverluste ebenfalls unterbewertet, weil bei der Probenahme nicht immer die gleiche Schicht beprobt wird, sondern eine ab der Oberkante konstant bleibende Entfernung als Ausgangspunkt genommen wird. Dieser wandert mit der Verderbschicht nach unten.

Für die Silagebereitung ist deshalb ein Verzicht auf Silofolie nicht zu empfehlen.

Literatur

- BOLSEN, K.K. (1997): Issues of top spoilage losses in horizontal silos. In Proceedings from the Silage: Field to Feedbunk North American Conference. NRAES Publication 99, 137-150.
- BOLSEN, K.K., DICKERSON, J.T., BRENT, B.E., SONON, R.N., DALKE, B.S., LIN, C. AND J.E. BOYER (1993): Rate and Extent of Top Spoilage Losses in Horizontal Silos. J. Dairy Sci., 76, 2940-2962.
- BRAULT, D., D'APRANO, G. AND M. LACROIX (1997): Formation of a free standing sterilized edible film from irradiated caseinates. Journal of Agricultural and Food Chemistry 45, 2964-2969.
- BRUSEWITZ, G.H., HUHNKE, R.L. AND E.M. BARNES (1991): Performance of Nutri-Shield in protecting bunker-stored silage. Applied Engineering in Agriculture 7 (5), 515.

- BUXTON, D.R., MUCK, R.E., AND J.H. HARRISON (2003): Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, No. 42.
- DENOUCOURT, P., GAILLET, S AND M. LACROIX (2004): Bunker-stored silage covered with biodegradable coating. Journal of the science of food and agriculture, Vol. 84, 300-306.
- HEIDECKER, B. (2006): Untersuchung folienloser Abdeckung von Maissilage. Bay. Ldw. Wochenblatt, 29, 32-33.
- HOLMES, B. (2006): Bunker Silo Cover Alternatives. Focus on Forage, Vol. 1: No.6, 1. http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/Bunker_Silo_Covers.htm .
- LISKER, N., TAARI, E., ASHBELL, G. AND Y. HENIG (1989): Chemical and microbiological changes occurring in wheat silage under modified atmospheres. J. Sci. Food, 47, 125-127.
- MAYER, K. (2006): Abdeckung von Silagen für Biogas sinnvoll? Der fortschritt. Landwirt, 17, 52-53.
- MCGUFFEY, R.K. AND M.J. OWENS (1979): Effect of covering and dry matter at ensiling on preservation of alfalfa in bunker silos. J. Anim. Sci., Vol. 49, No. 2, 289-305.
- MCLAUGHLIN, N.B., WILSON, D.B. AND D.M. BOWDEN (1978): Effect of a plastic cover on dry matter loss from a horizontal silo. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 20, No. 1, 1-4.
- MINSON, D.J. AND R.J. LANCASTER (1965): The efficiency of six methods of covering silage. New Zealand Journal of Agric. Res. 8, 542-554.
- MUCK, R.E. (1999): Influence of air on the preservation and aerob spoilage of silage. Transaction of the ASAE, Vol. 42 (3), 573-581.
- NATHAN A.P. AND L.L. BERGER (2003): Protecting and supplementing corn silage in bunker silos with salt-starch coverings.
www.traill.uiuc.edu/uploads/beefnet/papers/bunkersilo.pdf
- NIETO-ORDAZ, R., STUMPNER, J., WEIS, M.F., TELEGA, S.W. AND R.E. RICKETTS (1984): Effects of Wheat Sodds vs. Plastic Cover on Surface Air Dry Matter Losses of Corn Silage Stored in Bunker Silos - Year 2. Abstract No. 199, J. Dairy Sci. 67 (Suppl.), 146.
- NUSSBAUM, H. (2006): Silomais für Biogasanlagen ohne Abdeckung silieren? Übers. Tierernährg. 35, 117.-125.
- SAVOIE, P., BERNIER-ROY, M., PEDNEAULT, M.-L. AND A. AMYOT (2003): Evaluation of pulp and peanut butter as alternative bunker silo covers. Canadian Biosystems Engineering, Vol. 45, 217-222.
- SAVOIE, P., D'AMOURS, L., AMYOT, R. AND R. THÉRIAULT (2006): Effect of density, cover, depth and storage time on matter loss of corn silage. Paper number 061048, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Annual Meeting 2006.
- UNGLAUB, H. (1959): Der Einfluss des Abdeckmaterials auf die Futterqualität im Flachsilosilo. Futterkonservierung 4, 145-150.
- WEISSBACH, F., LAUBE, W. UND G., SCHADEREIT (1967): Nährstoffverluste bei verschiedenen Zudeckverfahren im Fahrsilo. Die Deutsche Landwirtschaft, Jg 18., Heft 4, 175-179.
- WEISSBACH, F., LAUBE, W., SCHADEREIT, G, SCHMIDT, L. UND G. PETERS (1968): Untersuchungen über die Nährstoffverluste und die Futterwertminderung unter verschiedenen Silodecken im Fahrsilo. Archiv für Tierernährung, Bd. 18, Heft 2, 135-152.

Folienlose Abdeckung von NaWaRo-Silagen: Auswirkungen auf die Ausbeute an Biogas

H. Nussbaum

Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, Am Atzenberger Weg 99,
D-88326 Aulendorf; Email: hansjoerg.nussbaum@lvvg.bwl.de

Einleitung

Für Biogasanlagen werden große Mengen an Futterpflanzen konserviert, die aus Kostengründen und arbeitswirtschaftlichen Überlegungen teilweise ohne Folienabdeckung gelagert werden. Das hat Auswirkungen auf die Qualität der Silagen und die Höhe der Gärverluste. Offen ist bisher, welche Konsequenzen sich daraus für die Ausbeute an Methan ergeben.

Material und Methoden

Auf sechs Biogasbetrieben wurden von Oktober bis Dezember 2006 alle drei, danach bis September 2007 alle vier Wochen an drei definierten Schichten (20 und 50 cm unterhalb der Oberkante sowie ca. 50 cm über Siloboden) Proben von Maissilagen gewonnen. Alle Silagen waren nicht mit Folie abgedeckt. Art der Abdeckung, Temperaturverlauf, Futterwert und Gärqualität der Maissilagen sind dem ersten Beitrag zu entnehmen. Die Proben wurden im Hohenheimer Biogastest (HBT) auf Gasausbeute, Methangehalt und Methanausbeute untersucht. Dabei werden nach DIN 4630 im klimatisierten Brutschrank 400 mg TM Silage und 30 ml Impfsubstrat bei 37 °C über 35 Tage vergoren und die Gasmenge sowie Methanertrag anfangs täglich, später in größeren zeitlichen Abständen erfasst. Die Ergebnisse beziehen sich jeweils auf die um bei der Trocknung flüchtigen Substanzen korrigierte Trockenmasse (TM_k).

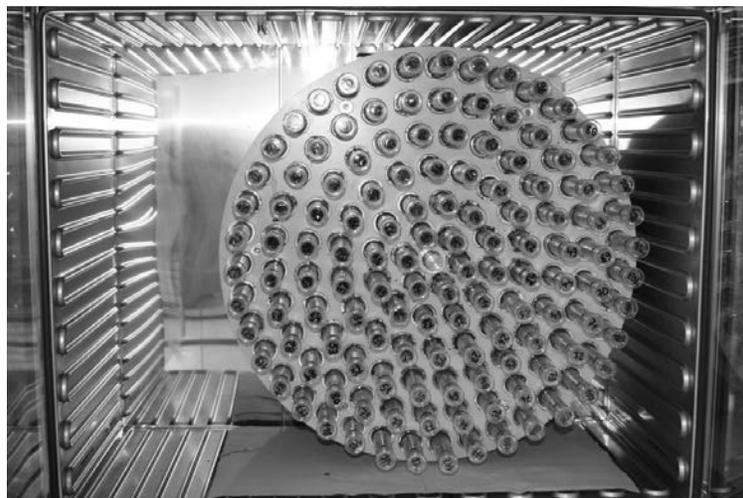


Abb. 1: Hohenheimer Biogastest (HBT) mit 129 Glaskolben (Einzelfermenter)

Nach DIN 38414 wird die Gasausbeute so lange gemessen, bis die tägliche Zunahme der Gasmenge unter 1 % (absolut) fällt. Damit wird eine hohe Ausbeute der eingewogenen Trockenmasse erreicht. Im HBT ist dieser Zeitpunkt bei Maissilage oft nach 20 bis 25 Tagen erreicht. Trotzdem wird aus Gründen der Standardisierung die Fermentation bis zum 35. Tag fortgeführt. Gas- und Methanertrag werden in der Einheit Normkubikmeter (Nm³) einheitlich auf ein Kilogramm organische Trockenmasse (oTM) bezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel aller Betriebe und Probenahmeterminen (zwischen 12 bis 15 Termine je Betrieb) unterschieden sich Gasertrag, Methangehalt und Methanertrag kaum (Tab.1). Trotzdem ist im Silostock von oben nach unten eine Zunahme von Gas- und Methanertrag zu erkennen. Die Unterschiede fallen zwischen den Betrieben und Terminen um so deutlicher aus, je niedriger die Energiekonzentration in den einzelnen Schichten ist. In der obersten Schicht, die auf Grund der fehlenden Folienabdeckung am meisten durch Luft- und Wassereintrag beeinträchtigt wird, schwanken die Gaserträge (0,69 bis 0,72 Nm³/kg oTM) und Methanerträge (0,33 bis 0,37 Nm³/kg oTM) am meisten. Gleichzeitig fällt der Methangehalt mit durchschnittlich 51,9 Vol.-% am niedrigsten aus.

Tab. 1: Energiekonzentration, Gasertrag, Methangehalt und Methanertrag in Abhängigkeit von Betrieb und Probenahmeschicht (Mittelwerte der Termine)

Betrieb	Schicht*	n	NEL MJ/kg TM	Gasertrag Nm ³ /kg oTM	Methan-gehalt Vol.-%	Methan-ertrag Nm ³ /kg oTM
1	1	13	5,89	0,704	51,72	0,364
	2	13	6,11	0,706	51,83	0,366
	3	13	6,26	0,717	51,96	0,372
2	1	15	6,00	0,696	51,74	0,360
	2	15	6,11	0,706	52,07	0,367
	3	15	5,98	0,709	52,56	0,373
3	1	13	5,01	0,632	52,99	0,335
	2	13	5,19	0,660	52,75	0,348
	3	13	5,56	0,690	52,51	0,362
4	1	12	6,18	0,716	51,88	0,372
	2	12	6,18	0,710	52,01	0,369
	3	12	6,18	0,707	52,04	0,368
5	1	14	5,87	0,705	51,58	0,365
	2	14	5,94	0,709	51,83	0,367
	3	14	5,87	0,705	51,91	0,366
6	1	13	5,80	0,692	51,72	0,358
	2	13	5,96	0,704	51,87	0,365
	3	13	6,23	0,708	51,91	0,367
Mittel	1	80	5,79	0,691	51,94	0,359
	2	80	5,91	0,699	52,06	0,364
	3	80	6,01	0,706	52,15	0,368

* Schicht 1: 20 cm von oben, Schicht 2: 50 cm von oben, Schicht 3: 50 cm von unten

Schicht 2 (50 cm von oben) und Schicht 3 (50 cm von unten) unterscheiden sich hinsichtlich Gasertrag (0,70 bzw. 0,71 Nm³/ kg oTM), Methangehalt (52,0 bzw. 52,1 Vol.-%) und daraus resultierend im Methanertrag (0,36 bzw. 0,37 Nm³/kg oTM) nur wenig.

Aus Abb. 2 wird ersichtlich, dass Methanertrag und Energiekonzentration im vorliegenden Versuch positiv korreliert sind ($R^2 = 0,87$). Demnach haben Silagen mit hoher Energiekonzentration auch eine hohe Methanausbeute. Daraus folgt, dass beim Anbau von „Nachwachsenden Rohstoffen“ eine möglichst hohe Energiekonzentration angestrebt und bei der Konservierung Energieverluste in Form von Fehlgärungen vermieden werden sollten. Bei der folienlosen Abdeckung kommen zudem Trockenmasseverluste in Form von Fäulnis dazu, die jedoch bei der vorliegenden Untersuchung nicht erfasst, aber auf mindestens 15 % kalkuliert wurden.

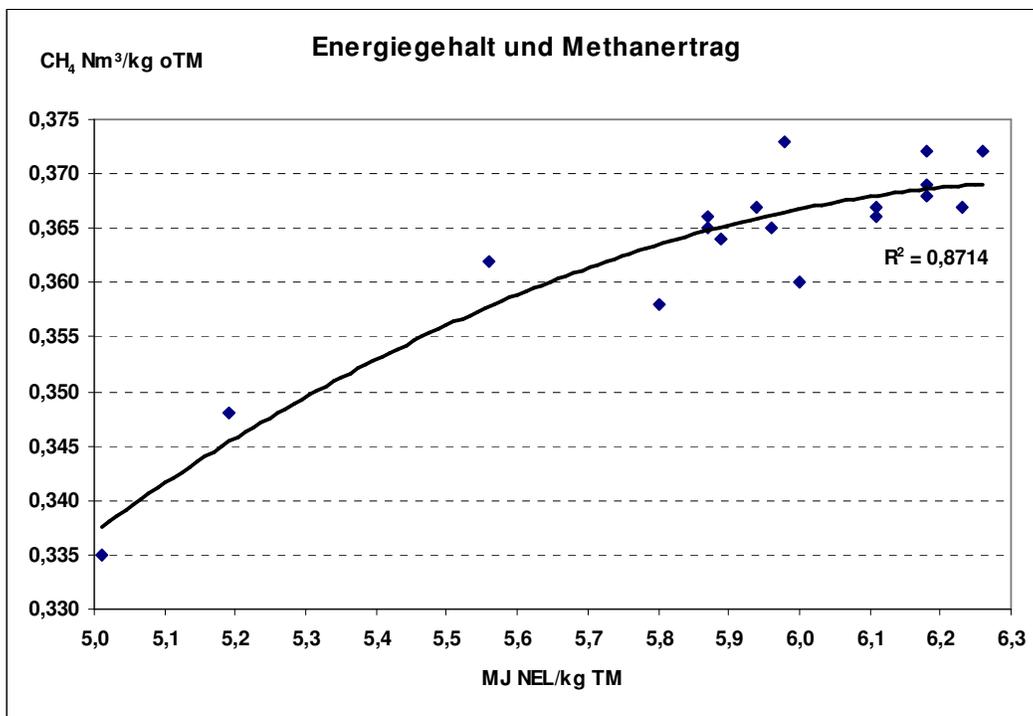


Abb.2: Beziehung zwischen Energiekonzentration und Methanertrag

Zusammenfassung

Für Biogasanlagen werden große Mengen an Futterpflanzen als Silage teilweise ohne Folienabdeckung konserviert. In einem Aulendorfer Forschungsprojekt werden deshalb seit Herbst 2006 auf sechs Biogasbetrieben bei Maissilage ohne Folienabdeckung regelmäßig aus definierten Schichten Proben am Anschnitt entnommen. Bei diesen Proben wird die Ausbeute an Biogas und Methan mittels Hohenheimer Biogastest (HBT) ermittelt.

Im Mittel der Proben unterscheiden sich Gas- und Methanausbeute sowie Methangehalt zwischen den Schichten (20 cm und 50 cm von oben; 50 cm von unten) kaum. Das ist sicherlich auch auf die Art der Probenahme zurück zu führen, weil sich die Probenentnahme der oberen beiden Schichten immer an der Oberkante der Silage orientiert und diese mit der Verderbschicht nach unten „wandert“.

Auf den Einzelbetrieb bezogen ist in der Silage von oben nach unten eine Zunahme des Gas- und Methanertrages zu erkennen, die um so deutlicher ausfällt, je niedriger die Energiekonzentration in den jeweiligen Schichten ist. Energiegehalt und Gasausbeute sind positiv korreliert ($R^2 = 0,87$). Verluste an Energie wirken sich demnach auch auf die Ausbeute an Methangas aus und sind folglich durch optimale Silagebereitung zu vermeiden. Dazu zählt auch in Betrieben mit Biogasanlagen eine luftdichte Lagerung mit Folienabdeckung.

Literatur

- DIN 4630 (2006): Vergärung organischer Stoffe - Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche. Beuth Verlag, Berlin.
- HELFERICH, D. UND OECHSNER, H. (2003): Hohenheimer Biogasertragstest - Vergleich verschiedener Laborverfahren zur Vergärung von Biomasse. Landtechnik-Fachzeitschrift für Agrartechnik und ländliches Bauen: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Landwirtschaftsverlag Münster, Jahrgang 58, Heft 3, 148-149.
- KUNZ, H-G. (2003): Biogas und Düngepraxis. In: Biogasnutzung in der Landwirtschaft, Tagungsband 11. Biogastagung Aulendorf.
- LEMMER, A. (2005): Kofermentation von Grüngut in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Dissertation Universität Hohenheim. In: Forschungsberichte Agrartechnik 435 im VDI.
- OECHSNER, H. (1991): Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Entseuchung von Flüssigmist durch aerob-thermophile Stabilisierung. Dissertation Universität Hohenheim.
- OECHSNER, H. UND LEMMER, A. (2002): Gras vergären. Eine Alternative für Restgrünland? top agrar Fachbuch Biogas, Landwirtschaftsverlag Münster, 92-97.
- MESSNER, J. UND DEDERER, M. (2008): Neue Möglichkeiten - Technische Weiterentwicklung bei der Biogasverwertung. BW Agrar 12/2008, 12-14.
- MUKENGELE, M. UND OECHSNER, H. (2007): Einfluss der Silierung auf den spezifischen Methanertrag bei Mais. Landtechnik 1/2007, 20-21.
- NUSSBAUM, H. (2006): Silomais für Biogasanlagen ohne Abdeckung silieren? Übers. Tierernährg. 35, 117.-125.
- NUSSBAUM, H. (2007): Biogasanlagen brauchen Top-Silagen. Dlz 3/2007, 86-90.
- NUSSBAUM, H. (2008): Konservierung von Energiepflanzen. n[energie] 01/08, 57-59.
- RÜPRICH, W. UND DÜRR, H.D. (1981): Biogasanlagen im Labormaßstab für landwirtschaftliche Faulsubstrate. Agrartechnische Berichte der Universität Hohenheim, Nr. 15, 72-78.
- SEGGER, V., OVER, R. UND MESSNER, J. (2007): Kühe aufstocken oder Biogas produzieren? Top agrar 07/2007, R10-R15.

Phytodiversität des Wirtschaftsgrünlandes – Welche Rinderhalter können artenreiches Grünland produzieren?

H. G. Stroh, S. Klimek und J. Isselstein

Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft & Umwelt (ZLU),
Georg-August-Universität Göttingen, Am Vogelsang 6, D-37075 Göttingen,
Email: Hans-Georg.Stroh@agr.uni-goettingen.de

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ließ sich ein starker Rückgang der pflanzlichen Artenvielfalt von Grünlandflächen auf unterschiedlichen räumlichen Skalen feststellen. Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion zurückzuführen. Im Gegensatz zu Vertragsnaturschutzflächen auf Grenzertragsböden ist die Situation im Wirtschaftsgrünland (mesophile bis hygrophile Standorte) aufgrund der heutigen ökonomischen Anforderungen, denen die Bewirtschafter unterliegen, problematisch.

Mit der Zielsetzung, die Produktion von artenreichem Grünland im laufenden Betrieb zu integrieren, stellt sich die Frage, welche Betriebsstrukturen vorhanden sein müssen, um artenreiches Grünland erzeugen zu können. Mutterkuhhalter haben grundsätzlich gute Voraussetzungen, artenreiches Weidegrünland zu bewirtschaften. Aber auch leistungsorientierte Milchviehbetriebe besitzen unter Umständen artenreiche Flächen, die zur Heugewinnung („Kräuter-Heu“) oder Jungtieraufzucht genutzt werden. Basierend auf einem Vergleich von milch- und fleischproduzierenden Betrieben soll der Zusammenhang zwischen Phytodiversität und Betriebsstruktur analysiert werden.

Die Studie wird im Landkreis Northeim, einer durch ländliche Struktur geprägten Region Südniedersachsens, durchgeführt und bildet einen Teil des vom BMBF geförderten Projektes BIOPLEX (Biodiversität und räumliche Komplexität in Agrarlandschaften unter Global Change). In diesem Projekt wurde ein Honorierungskonzept für Ökologische Leistungen der Landwirtschaft entwickelt und erfolgreich in die Praxis umgesetzt. Nähere Informationen können Sie unter der URL: http://zlu.agrar.uni-goettingen.de/public_2/ einsehen.

Methoden

Innerhalb des Landkreises Northeim wurden 15 Betriebspaare ausgewählt. Die Betriebspaare umfassen jeweils einen Mutterkuhhalter und einen Milchviehbetrieb, deren Grünlandflächen möglichst nahe beieinander liegen.

Es wurden standardisiert 8 Grünlandschläge pro Betrieb untersucht, die sowohl das Spektrum der Nutzungstypen (reine Weide, Mähweide, Wiese) als auch intensive und extensiv genutzte Flächen umfassen.

Auf jeder Fläche ($n = 240$) wurden im Zentrum des Schlages Vegetationsaufnahmen nach einer modifizierten Version der Methode nach LONDO (1975) durchgeführt, sowie Bodenproben zur Bestimmung des Kalium- und Phosphorgehaltes analysiert. Zunächst wurden Artenzahlen pro Fläche (α -Diversität) analysiert, wobei auch die dort vorkommenden Kryptogamen berücksichtigt wurden.

Detaillierte Angaben zum Düngeregime, Viehbesatz, Nutzungshäufigkeit, Nutzungsgeschichte u. a. wurden anhand von Befragungen der Bewirtschafter erhoben.

Grundlage der Berechnungen, insbesondere zum Stickstoffeintrag durch Weidegänge, Wirkungsgrad sowie Energiegehalten sind folgenden Publikationen entnommen: DÜNGEVERORDNUNG (2008), KTBL (2005), LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (2008), NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2004), OENEMA, O., TAMMINGA, S. (2005).

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Betrachtung der α -Diversität, differenziert nach den drei Nutzungstypen, lässt sich erwartungsgemäß eine höhere Artendiversität bei den Fleischviehbetrieben gegenüber den Milchviehbetrieben feststellen (Abb. 1). Jedoch ist der Unterschied geringer als erwartet, bedingt durch die Extensivflächen der Milchviehbetriebe. Damit bestätigt sich hier die eingangs formulierte These, dass auch sie artenreiches Grünland erzeugen.

Beim Stickstoffregime (Abb. 2) zeigt sich ein reziproker Zusammenhang bei den Mähweiden und insbesondere den Wiesen, da tendenziell dort von den Milcherzeugern höhere und energiereichere Erträge geerntet werden müssen. Dagegen ist der Stickstoffeintrag auf den Weideflächen der Fleischviehbetriebe höher. Hier spiegeln die dort höheren Besatzdichten eine stärkere Versorgung des Rinderbestandes durch diesen Nutzungstyp wider. Die höhere Nutzungsintensität auf diesen Flächen führt interessanterweise nicht zu einem Verlust an Biodiversität.

Im direkten Vergleich der Betriebspaare („local scale“) ist der erwartete Einfluss des Betriebstyps deutlicher. Hier erreichen im Durchschnitt (Artenzahl pro Betrieb bei $n = 8$ Aufnahmeflächen), die Mutterkuhhalter in etwa 70% der Paare die artenreicheren Flächen (Abb. 3).

Aufgrund des hier angewandten Designs lässt sich leicht erkennen, welche Rolle auch Milchviehbetriebe für die Aufrechterhaltung von artenreichem Wirtschaftsgrünland spielen, andererseits widerspiegelt es nicht die tatsächlich repräsentative Grünlandwirtschaft dieser Betriebe, da deren extensiv genutzte Flächen meistens nur einen geringen Flächenanteil besitzen. Aus diesem Grund werden weitere Aufnahmen notwendig sein, um repräsentative Flächen für den jeweiligen Betrieb zu erfassen, die dann möglicherweise stärker die Unterschiede zwischen den Betriebstypen aufzeigen.

Freie Themen Vegetation und Biodiversität von Wiesen und Weiden

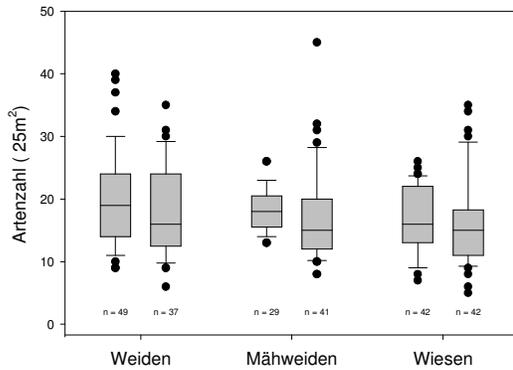


Abb. 1: Artenzahlen und Nutzungstypen
Box links Fleischviehbetriebe, Box rechts Milchviehbetriebe

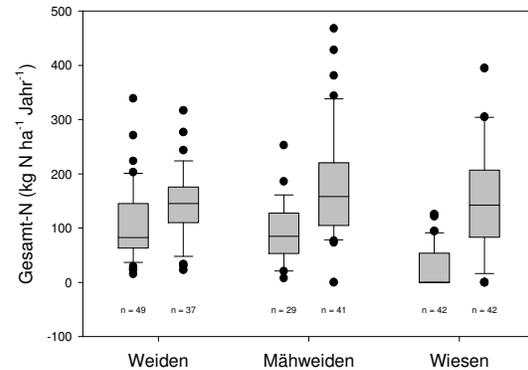


Abb. 2: Stickstoffgaben und Nutzungstypen
Box links: Fleischviehbetriebe, Box rechts: Milchviehbetriebe

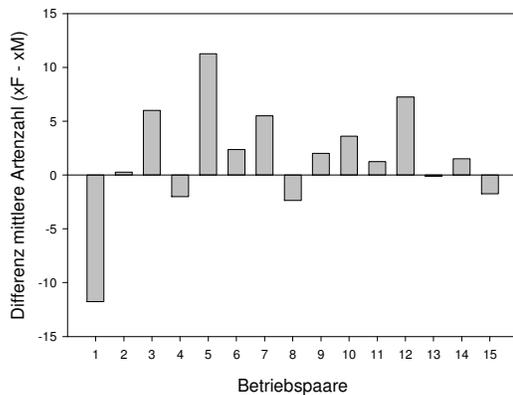


Abb. 3: Mittlere Artenzahl auf der Ebene der Betriebspaare

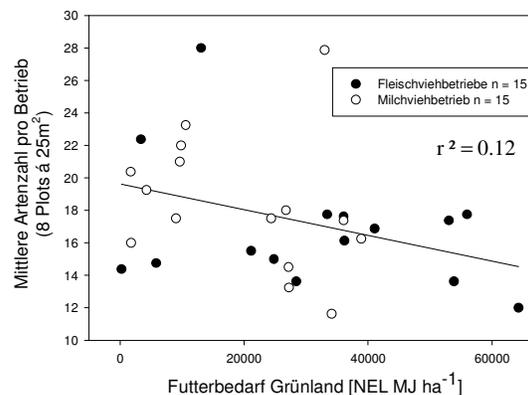


Abb. 4: Futterbedarf und mittlere Artenzahl

Für den landwirtschaftlichen Betrieb von besonderer Bedeutung ist der energetische Wert des Grünlandaufwuchses. Aus diesem Grund wurde versucht, eine Korrelation zwischen Energiebedarf und mittlerer Artenzahl zu ermitteln (Abb. 4). Als „Futterbedarf“ wurde aufgrund des bekannten Tierbestandes der Betriebe errechnet, welche Energieleistung der Betrieb dafür produzieren muss. Von dieser Summe wurde der eingesetzte Futter-Energie-Wert aus eigenem Ackerbau und Zukauf abgezogen und somit ein Wert errechnet, der vom Dauergrünland des Betriebes aufzubringen ist. In diese Berechnung fließt somit als wesentliche Steuergröße für die Produktion von Extensivgrünland der Zusammenhang zwischen Tierbestand und zur Verfügung stehender Grünlandfläche pro Betrieb ein.

Ein negativer Zusammenhang zwischen Futterbedarf und Artenzahl ist deutlich erkennbar (Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0.12$), allerdings gibt es kaum eine Differenzierung zwischen Mutterkuhhaltern und Milchviehbetrieben. Auffallend ist jedoch, dass der hohe Energiebedarf bei den Mutterkuhhaltern mit geringer mittlerer Artenzahl korreliert.

Kritisch zu betrachten ist die Auswertung der α -Diversität insofern, als die Artenzahl an sich noch keine Auskunft darüber vermittelt, welchen naturschutz-

fachlichen und futterbaulichen Wert die dort vorkommenden Arten tatsächlich haben. Insbesondere auf intensiv bewirtschafteten Flächen kann eine vergleichsweise mittlere bis hohe Artenzusammensetzung auch durch Störzeiger (Ruderalisierungszeiger) verursacht sein. Diese Flächen können so mit naturschutzfachlich höherwertigen Grünlandaufwüchsen konkurrieren, die tatsächlich noch einige Kennarten des Inventars von Grünlandgesellschaften (*Molinio-Arrhenathereta*) besitzen. Es ist daher Ziel weiterer Auswertungsschritte, darauf besonderes Augenmerk zu richten und ökologische und pflanzensoziologische Funktionen (Zeigerwerte) sowie functional traits der vorhandenen Artenzusammensetzung in die Analyse einzubeziehen.

In diesem Zusammenhang bleibt generell anzumerken, dass verglichen mit Vegetationsaufnahmen aus früheren Zeiten (z.B. DIERSCHKE 1997), die Artenzahlen auf niedrigem bis sehr niedrigem Niveau liegen und damit Unterschiede in der Bewirtschaftungsintensität sich weniger deutlich abbilden lassen.

Literatur

- DIERSCHKE, H. (1997): Molinio-Arrhenatheretea (E1) – Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen – Teil 1: Arrhenatheretalia. Wiesen und Weiden frischer Standorte. Synopsis Pflanzenges. Deutschlands 3: 1-74.
- DÜNGEVERORDNUNG – DÜV (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen). Fass. Vom 25.06.2008. <http://www.buzer.de/gesetz/7627/index.htm>
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Aufl. 1095 S. Darmstadt
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (2008): Nährstoffausscheidung landwirtschaftlicher Nutztiere je Stallplatz und Jahr (Bruttoanfall, N ohne Abzug von Stall- und Lagerverlusten). 13 S. Hannover. www.direkt-dahin.lkw-hannover.de/download.cfm.
- LONDO, G. (1975): Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. In: Schmidt, W. (Red.): Sukzessionsforschung. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1973: 613-617. Vaduz
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2004): Bodennutzung und Ernte 2003. 50 S. Hannover. <http://www.nls.niedersachsen.de/Tabellen/Landwirtschaft/ernte2003/texte/Ernte03.pdf>
- OENEMA, O., TAMMINGA, S. (2005): Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency. Sci. China 48: 871-887.

Schulung der Artenkenntnis von Wiesen und Weiden

K. Waser

Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung - Landwirtschaft, Chlosterbüel 28,
CH-6170 Schüpfheim; Email: karl.waser@edulu.ch

Einleitung

Die Milch- und Fleischproduktion aus Wiesenfutter ist wirtschaftlich interessant. Entscheidend ist, dass der Betriebsleiter die Kosten tief halten kann. Zudem erwartet die Gesellschaft vom Futterbauer, dass er neben Milch und Fleisch auf einem Teil seiner Wiesen und Weiden für eine hohe biologische Vielfalt (Biodiversität) sorgt.

Fazit: Wirtschaftlicher und gesellschaftsfähiger Futterbau heisst abgestufte Bewirtschaftung mit Standort angepassten, stabilen und ausgewogenen Pflanzenbeständen.

Stabile, ausgewogene, intensive und mittelintensive Wiesen liefern mit ihren hohen Trockensubstanz- und Nährstoffträgen kostengünstiges Raufutter für die Milch- und Fleischproduktion. Vor allem für hohe Milchleistungen muss ein Grossteil der Graslandfläche aus intensiven Wiesentypen bestehen. Intensive Wiesen erfordern aber – ähnlich wie Hochleistungskühe – gründliche Fachkenntnisse und genügend Zeit für ihre Pflege. Die Grundlage dazu ist eine gute Artenkenntnis.

Stabile, artenreiche, wenig intensive und extensive Wiesen bieten eine hohe biologische Vielfalt und prägen die Landschaft. Bei diesen Wiesentypen ist heute eine hohe ökologische Qualität gefragt. Auch dies erfordert eine gute Artenkenntnis.

*„Gräser sind die wichtigsten Pflanzenarten der Wiesen und Weiden. Das richtige Gras am rechten Ort; deshalb führt im Wiesenbau kein Weg am Gras vorbei. Leguminosen und andere wertvolle Kräuter schenkt uns die Natur.“
(W. Dietl)*

Schulungsmaterial

Das Buch „Wiesen- und Alpenpflanzen“ gehört heute zum Standardwerk für alle am Grasland interessierten Kreise. Seit der ersten Auflage im Jahr 2003 stösst es auf ein ungebrochen grosses Interesse. Überarbeitet und erweitert ist es im Jahre 2007 bereits in seiner 3. Auflage erschienen.

In diesem Pflanzenbuch sind über 600 Arten der mitteleuropäischen Wiesen- und Alpenpflanzen beschrieben und farbig dargestellt. Die kennzeichnenden Merkmale der Blätter sind im Bestimmungsteil jeweils so zusammengefasst, dass auch junge und blütenlose Pflanzen sicher bestimmt werden können.

Angaben zum Standort, zum futterbaulichen Wert, zur Anbaueignung, zur Bedeutung der Pflanzen für das Leben von Insekten sowie zur Heilkraft gehören

zum Steckbrief der vorgestellten Pflanzenarten. Auch unzählige Volksnamen der Pflanzen sind in diesem Buch gesammelt.

Wer über die einzigartige Pflanzenvielfalt staunen und sich an ihr freuen kann, wer Wiesen und Weiden nutzt und pflegt oder deren Flora und Ökologie studiert, dem steht mit diesem Buch ein prächtiges und einmaliges Hilfsmittel zur Verfügung.

Erfahrungsgemäss erfordert das Aneignen einer breiten Artenkenntnis der Wiesen und Weiden auf dem Lehrbetrieb wie im Fachunterricht häufiges Üben und Wiederholen. Zu diesem Zweck stehen interessierten Lehrmeistern, Futterbaulehrern und Lernenden zwei eigenständige Lernkartenserien als methodisch/didaktische Ergänzung zum Buch zur Verfügung.

Die farbigen Lernkarten der Serie 1 zeigen Pflanzen und Blüten von 28 ausgewählten Gräsern, 11 Kleearten und 52 Kräutern des Tal- und Berggebietes sowie sorgfältig gezeichnete Details zum Erkennen der Pflanzen. Auf der Hinterseite der Karten sind stichwortartig die wesentlichen Merkmale der Pflanzen beschrieben. Dazu kommen Angaben zu ihrem Standort, zum futterbaulichen und ökologischen Wert sowie zur Ansaat und Bestandeslenkung. Zusätzlich werden die wichtigsten Wiesen- und Weidetypen vorgestellt.



Abb. 1: Lernkartenserien für das Tal-/Berggebiet und das Alpgebiet

Die Lernkarten der Serie 2 sind dem Alpgebiet gewidmet. Neben Lernenden und Äplern sprechen sie auch an der Alpwirtschaft Interessierte an, die in den Bergen unterwegs sind. Der erste Kartenteil behandelt allgemeine Themen der Alpwirtschaft wie z.B. den Nährwert von Alpweidepflanzen und was man davon im Käse und in der Butter findet. Dann werden 19 ausgewählte Gräser, 10 Kleearten und 41 Kräuter der Alpweiden wie bei der Serie 1 vorgestellt. Im letz-

ten Kartenteil sind 15 verschiedene Weiden und Streuwiesen mit Bildern illustriert und übersichtlich beschrieben.

Erfahrungen und Diskussion

Im Fachunterricht Futterbau sollen Lernende vertieft in futterbauliche Zusammenhänge eingeführt werden. Warum sind die Wiesen und Weiden auf den Parzellen meines Betriebes so unterschiedlich zusammengesetzt? Liegt dies am natürlichen Standort wie Höhenlage, Boden, Klima, Lage zur Sonne, Neigung und Geländeform? Oder bin ich als Bewirtschafter selbst für das „Gesicht“ meiner Wiesen und Weiden zuständig? Wie kann ich mit Düngung, Nutzung, Unkrautregulierung, Pflegemassnahmen, Übersaat oder Neuansaat auf ihre Zusammensetzung Einfluss nehmen? Welche Pflanzen bzw. Wiesen- und Weidetypen eignen sich überhaupt als Futterlieferanten für die Tiere meines Betriebes? Ohne gründliche Artenkenntnis werden nach meiner Erfahrung Lernende kaum zusammenhängende Antworten und ein tieferes Verständnis, was sich über die Jahre im Grasland abspielt, gewinnen können.

In der Beratung auf Graslandbetrieben stelle ich seit Jahren fest, dass solide Artenkenntnis den Betriebsleiter für eine durchdachte, abgestufte Bewirtschaftung seiner Wiesen und Weiden begeistert und finanziell belohnt. Bei der Bestandesbeurteilung (können Sie sich die Beurteilung einer Kuh ohne anatomische Grundkenntnisse vorstellen!) und Bestandeslenkung mit Düngung und Nutzung, bei der Unkrautregulierung und bei Über- und Neuansaaten ist ein Betriebsleiter mit guter Artenkenntnis entscheidungs- und gesprächssicherer gegenüber Lohnunternehmern, Saatgut- und Düngerverkäufern. Er versteht es – gepaart mit langjähriger Beobachtung und Erfahrung – für sein Grasland klare Bestandesziele zu setzen.

Er wird Ertragsausfällen durch eine sorgfältige Bewirtschaftung vorbeugen, bei Bestandesproblemen schneller handeln und für seine Parzellen die passenden Übersaat- und Neuansaatmischungen auswählen. So senkt er im Futterbau gezielt seine Kosten.

„Wie in der Natur ist auch im Wiesenbau alles miteinander vernetzt. Je lückenhafter die Kenntnis eines Betriebsleiters zu Futterpflanzen und Vegetation ist, desto mehr Geld muss er für Hilfsstoffe und Wiesenerneuerungs-Massnahmen ausgeben. Dies schmälert jedes Mal sein Einkommen.“

(K. Waser)

Schlussfolgerungen

Die erfolgreiche Schulung der Artenkenntnis von Wiesen und Weiden hängt von folgenden Faktoren ab:

- Gute Artenkenntnis der Eltern (Vorbild, vermitteln Grundkenntnis)
- Freude und Interesse der Lernenden an Graslandfragen
- Solide Artenkenntnis und methodisches Geschick der Lehrmeister
- Begeisterungsfähigkeit der Fachlehrer im Futterbau
- Didaktisch kluge Lern- und Übungshilfen für die Artenkenntnis

Diese Einflussgrößen sind miteinander verzahnt und sichern einen Erfolg versprechenden Schulung der Artenkenntnis. Die neuen Hilfsmittel (Buch, Lernkartenserien) sind in den letzten Jahren auf ein breites Interesse gestossen und

haben ein erfreuliches Echo ausgelöst. Sie werden aktuell an den meisten landwirtschaftlichen Bildungszentren der Schweiz im Fachunterricht eingesetzt. Die Lernkartenserie 1 für das Tal-/Berggebiet konnte bereits in einer zweiten Auflage herausgegeben werden. Die Lernkarten ermöglichen, das alt bewährte Sprichwort „Übung macht den Meister“ im Ausbildungsalltag umzusetzen. Die Lernkarten erlauben jeder Region und jedem Fachlehrer eine flexible Auswahl, welche Latte er bei der Artenkenntnis setzen will. Die Lernkarten bringen ein spielerisches Element in den Unterricht hinein und sind bei den Lernenden beliebt.

Buch und Lernkarten können bei der Landwirtschaftlichen Lehrmittelzentrale in Zollikofen bezogen werden. Dazu finden sie Informationen unter www.edition-lmz.ch oder von Seiten der Autoren unter www.wiesenpflanzen.ch.

Literatur

DIETL W. und JORQUERA M. (2007): Wiesen- und Alpenpflanzen – Erkennen an den Blättern, Freuen an den Blüten. Herausgeber: Österreichischer Agrarverlag, Wien und Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich.

Ergebnisse eines 8-jährigen Grünlandversuches mit Variation von Düngung und Nutzung auf tiefgründigem Niedermoor

E. Alabsi, R. Bockholt, L. Dittmann

Universität Rostock, Agrar -und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Fachbereich Grünland und Futterbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock;
Email: eyad.alabsi@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Die Grunddüngung des Grünlandes soll die durch die Nutzung entzogenen Pflanzennährstoffe ersetzen und dabei den Versorgungszustand des Bodens und die natürlichen Standortfaktoren berücksichtigen. In Nordostdeutschland ist das Niedermoor einer der wichtigsten Grünlandstandorte. Es stellt einerseits aufgrund der nahezu ganzjährigen Mineralisierung organischer Substanz große Mengen an Stickstoff bereit gekennzeichnet, ist aber andererseits durch niedrige Gehalte an Makronährstoffen. Diese Arbeit soll die Unterschiede zwischen Schnitt- und Weidenutzung bezüglich Futterqualität, Ertragsfähigkeit und Bodennährstoffgehalt von Niedermoorgrünland klären. Variierende Düngungsansätze werden über 8 Jahre geprüft.

Material und Methoden

Der TM-Ertrag einer zweifaktoriellen Versuchsanlage mit den Faktoren - A: Nutzung in zwei Stufen (3-Schnitt; 3-4-Weide) und B: Düngung in 12 Stufen bei dreifacher Wiederholung wurde mit einer Varianzanalyse einschließlich Mittelwertvergleich in SPSS(Vers.15) verrechnet. Die Düngungsvarianten (Parzellengröße 30 m²) sind so gewählt, dass die Hauptnährstoffe NPK jeweils einzeln und in Kombinationen vertreten sind. Neben konventionellen Varianten sind Varianten des ökologischen Landbau (Mg –Kainit, Patent – PK) und eine Null-Düngungsvariante berücksichtigt, welche die naturschutzgerechte Grünlandbewirtschaftung präsentiert (Tab.1). Die Beweidung wurde mit

Tab. 1: Charakteristik der Versuchsvarianten und Signifikanz der TM-Erträge

		Faktor B (Düngung)				Faktor A (Nutzung)			
		Nährstoffe (kg/ha)			*)	3-Schnitt		3-4-Weide	
Düngungsvariante		N	P	K		dt TM ha-1	Sign.	TM ha	Sign.
1	0	Ohne			(n)	69	a	59	a
2	N	Kalkammonsalpeter			(k)	73	ab	67	bc
3	P	Triplesuperphosphat			(k)	68	a	61	ab
4	K	60%Kali			(k)	89	cde	64	ab
5	K	Magnesia-Kainit			(ö)	86	cd	64	ab
6	NK	KAS, 60%Kali			(k)	102	f	76	d
7	PK	Triplesuperphosphat,60%Kali			(k)	90	cde	67	bc
8	PK	Patent-PK			(ö)	95	def	66	abc
9	PK	Thomas-Kali			(k)	90	cde	66	abc
10	NP	KAS, TSP			(k)	81	bc	72	cd
11	NPK	KAS, TSP,60%Kali			(k)	99	ef	76	d
12	NPK	Ammonsulfat, TSP,60%Kali			(k)	100	ef	74	d

*) Bewirtschaftung: (n) =naturschutzgerecht; (k) =konventionell; (ö) =ökologisch

weiblichen Jungrindern in 3 bis 4 Umtrieben je Sommerhalbjahr durchgeführt. Besondere Berücksichtigung fand der Einfluß der Witterung und der Grundwasserstände in Kombination mit der Düngung getrennt nach den Bewirtschaftungsvarianten auf den TM-Ertrag. Dabei wurden die signifikanten Effekte mit Hilfe einer mehrfach-linearen Regression bestimmt (Tab.2). Der langjährige Einfluß der Düngung auf den Nährstoffgehalt in der TM, den Nährstoffentzug sowie die Bodennährstoffgehalte wurde durch Zeitvergleiche bestimmt (Tab.3; Tab.4). Zur Berechnung der Energiegehalte (Abb.1) gibt es unterschiedliche Formeln, die zu mehr oder weniger identischen Ergebnissen führen. Die Energiegehalte für Rinder wurden als umsetzbare Energie (ME) und als Nettoenergie Laktation (NEL) ermittelt. Aus der Literatur standen die EULOS- Formeln nach Friedel, 1999 für ME und NEL darüber hinaus die EULOS- Formeln von Weißbach u. a. (1999), die Silage- ELOS Formeln und die Rohnährstoffformeln der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Kirchgeßner, 1998) zur Verfügung.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind der Trockenmasseertrag sowie signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Düngungsvarianten nach den beiden Nutzungen gegenübergestellt. Die Ertragsbildung wird neben der Nährstoffversorgung vor allem von der Wasserversorgung bestimmt und unterliegt somit erheblich den jährlichen Witterungsschwankungen. Mit Hilfe eines schrittweise aufgebauten Mehrfachregressionsmodells konnten solche Effekte quantifiziert werden. Sie sind in Tab. 2 für den Ertrag des ersten Aufwuchses sowie für den Jahresgesamtertrag als Regressionskoeffizienten (statistisch mit dem t-Test geprüft) zusammengestellt.

Tab. 2 Ergebnisse der Mehrfachregression für den TM-Ertrag

Einflussfaktor (j)	Min. Max.		Erster Aufwuchs dt TM/ha				Gesamtertrag dt TM/ha			
			Weide		Schnitt		Weide		Schnitt	
			b(j)-Coeff.	t(j)-Test	b(j)-Coeff.	t(j)-Test	b(j)-Coeff.	t(j)-Test	b(j)-Coeff.	t(j)-Test
(Constant)			4.31	3.6	4.43	1.6	70.79	18.3	163.66	9.7
N	0	150	0.025	7.7	0.031	3.7	0.065	10.7	0.066	5.6
P	0	60	0.031	2.7						
K	0	150	0.010	2.9	0.049	5.6	0.037	5.9	0.148	11.9
GW_Januar_März	2	73			0.200	5.4	0.555	5.2	-0.240	-2.4
GW_April_Mai	18	89	0.160	11.6			-0.241	-2.4		
GW_Juni_Juli	35	104					0.469	7.4		
GW_Aug_Sept	41	110					-0.489	-9.2		
KWB_Januar_März	10	41	0.122	4.0	0.715	10.7	-0.194	-3.2		
KWB_April_Mai	-27	7	0.332	11.6	0.238	3.3	0.626	12.0		
KWB_Aug_Sept	3	87							0.271	8.1
T_Januar_März	-1.3	3.8	-1.204	-6.0						
T_Juni_Juli	15	18							-15.517	-11.6
T_Aug_Sept	14	17							10.209	6.3
R Square			0.48		0.55		0.71		0.64	
Std. Error Regr.			4.05		9.91		7.61		13.79	
n			288		252		288		252	

GW= Grundwasserniveau (cm); KWB= Niederschlag - Verdunstung (mm); T= Temperatur (°C)

Das Problem der Ermittlung der Energieerträge in GJ/ha über verschiedene Kalkulationsmethoden, wie EULOS-Formeln nach Friedel 1999, EULOS- Formeln von Weißbach u. a. (1999), die Silage-ELOS-Formeln und die Rohnährstoffformeln der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Kirchgeßner, 1998), wurde durch einen Vergleich in Abb. 1 beachtet.

Freie Themen
Vegetation und Biodiversität von Wiesen und Weiden

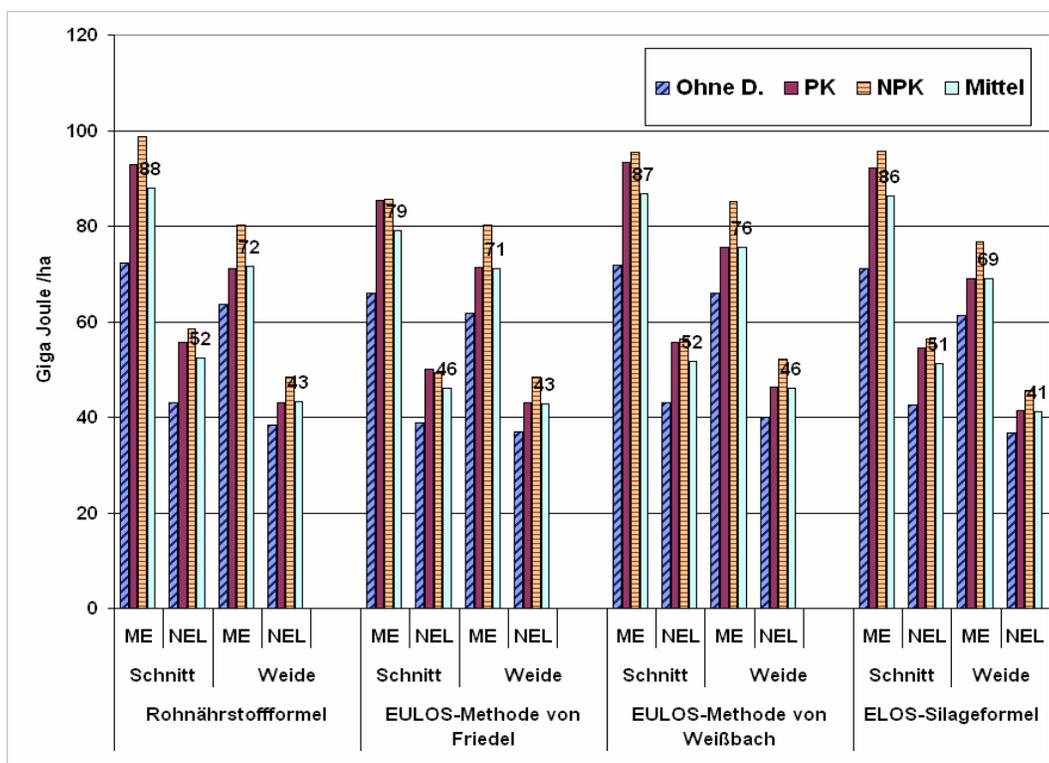


Abb. 1: Energieertrag je Hektar im Vergleich von vier Futterbewertungsmethoden (Petschow, 1999 – 2006).

Langjährige Auswirkungen der differenzierten Nährstoffversorgung infolge der Düngung und der differenzierten Nährstoffentzüge infolge der Nutzungsunterschiede und Ertraghöhen kommen in den Ergebnissen der Tab. 3 zum Ausdruck.

Tab.3 : Ergebnisse der Nährstoffuntersuchungen im Mittel der Jahre 2000 und 2006

Düngung	kg/ha Entzug			kg/ha Umsatz			Nährstoffgehalte in % der TM					
	Schnitt			Weide			Schnitt			Weide		
	N	P	K	N	P	K	%N	%P	%K	%N	%P	%K
K 1	208	29	171	220	24	196	2,48	0,35	2,19	3,05	0,33	2,74
K 2	191	31	193	231	27	214	2,41	0,39	2,50	3,05	0,35	2,82
N	202	24	81	233	25	170	2,86	0,34	1,18	3,19	0,35	2,29
NK	244	29	185	239	26	228	2,52	0,31	2,06	3,32	0,36	3,16
NP	225	28	86	258	29	176	3,02	0,37	1,14	3,41	0,38	2,33
NPK 1	228	34	213	268	30	233	2,43	0,36	2,33	3,44	0,39	3,02
NPK 2	250	34	199	281	31	247	2,66	0,36	2,13	3,61	0,40	3,18
Ohne	182	25	85	214	26	162	2,46	0,35	1,26	2,93	0,35	2,20
P	160	24	74	219	25	151	2,56	0,39	1,28	3,13	0,36	2,16
PK 1	219	31	196	232	27	227	2,53	0,37	2,48	3,28	0,38	3,19
PK 2	205	29	204	216	26	207	2,42	0,36	2,54	3,16	0,38	3,02
PK 3	222	33	229	219	27	191	2,49	0,38	2,63	3,22	0,40	2,82
Gesamt	211	29	160	236	27	200	2,57	0,36	1,98	3,23	0,37	2,74

Bei den Bodennährstoffgehalten waren die größten Differenzen nach 8-jähriger Versuchsdurchführung im Kaliumgehalt vorhanden, wobei der Anstieg der Gehalte in den mit Kalium gedüngten Varianten der Schnittnutzung und der generelle Anstieg der Kaliumgehalte in den Weideparzellen zu verzeichnen war (Tab.4). Die Kaliumversorgungsstufe erhöhte sich von D auf E, mit besonders

hohem Anstieg in den Weidevarianten, wobei in den ungedüngten Weidevarianten höhere Gehalte als in den mit Kalium gedüngten Schnittvarianten erreicht wurden. Auf nicht mit Kalium gedüngten Schnittparzellen verringerte sich der Kaliumgehalt in 8 Jahren um eine Versorgungsstufe auf C, welche für das Ertragsniveau ohne Düngung begrenzend wirken kann.

Tab.4: Mittlere Bodennährstoffgehalte mit Versorgungsstufen.

Jahr	Nutzung	pH-Wert		Mg(mg/100 g B.)		K ₂ O(mg/100 g B.)				P ₂ O ₅ (mg/100 g B.)			
						Mit K		Ohne K		Mit P		Ohne P	
1998	Vor Beginn	5.8	(E)	55.0	(E)	20.0	(D)	20.0	(D)	9.0	(D)	9.0	(D)
2001	Schnitt	5.7	(E)	55.3	(E)	20.0	(D)	14.0	(C)	13.4	(E)	9.4	(D)
2004	Schnitt	5.6	(E)	57.7	(E)	23.4	(E)	14.8	(C)	17.4	(E)	10.4	(D)
2006	Schnitt	5.7	(E)	54.6	(E)	25.9	(E)	13.3	(C)	13.4	(E)	9.1	(D)
1998	Vor Beginn	5.8	(E)	55.0	(E)	20.0	(D)	20.0	(D)	9.0	(D)	9.0	(D)
2001	Weide	5.8	(E)	56.3	(E)	54.5	(E)	37.0	(E)	8.4	(D)	7.4	(D)
2004	Weide	5.7	(E)	64.9	(E)	94.9	(E)	39.0	(E)	14.3	(E)	9.2	(D)
2006	Weide	5.7	(E)	67.9	(E)	92.3	(E)	78.0	(E)	17.2	(E)	9.0	(D)

Schlussfolgerungen

Hauptergebnis der Untersuchungen ist die unterschiedliche Düngerwirkung zwischen der Schnitt- und Weidenutzung. Nach 8-jähriger Versuchsdurchführung war ein genereller Anstieg der Kaliumgehalte des Bodens in den Weideparzellen und in mit Kalium gedüngten Schnittparzellen zu verzeichnen. Ertrag und Futterqualität kann auf den nordostdeutschen Niedermoorstandorten bei Schnittnutzung nur dann wirtschaftlich gesichert werden, wenn unter Beachtung der Versorgungsstufen eine entzugsbezogene Kalizufuhr erfolgt. Bei Weidenutzung hat alleinige Kalidüngung keinen Effekt auf den Ertrag gebracht. Die N-Düngung führt auch auf Niedermoor zu einem deutlichen Ertragsanstieg, aber bei Schnittnutzung nur in Kombination mit K-Düngung. P-Düngung hat einen geringen Einfluss auf die Ertragsbildung bei Schnitt- und bei Weidenutzung. Am ertragswirksamsten erwies sich sowohl bei Weidenutzung als auch bei Schnittnutzung die Kombination von N- und K- Düngemitteln. Der Futterenergieertrag ist bei Schnittnutzung höher als bei Weidenutzung, obwohl die Nährstoffe des Bodens bei Schnittnutzung geringer waren. Weidenutzung führte zu höheren N-, P- und K-gehalten im Futter als Schnittnutzung. Für die Tierernährung wären die Nährstoffgehalte in % der TM aber ausreichend. Die Ertragsbildung wird vor allem von der Wasserversorgung bestimmt und unterliegt somit der jährlichen Witterung.

Literatur

- FRIEDEL, K., (1990): Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode, *Wiss. Z. Uni Rostock, Nat. Reihe* 39, S. 78-86.
- WEIBACH, F., KUHLA, S., SCHMIDT, L. UND HENKELS., A., 1999: Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology. Band 8, 1999.*
- GFE (1998): Herausgeber: M. Kirchgeßner, "Mitteilung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen" . *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 7 , 141-150.

Wiesenerhaltung durch gezielte Gräserversamung

O. Huguenin-Elie¹, C.J. Stutz¹, R. Gago² und A. Lüscher¹

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich; Email: olivier.huguenin@art.admin.ch

²Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus AGFF, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

Einleitung

Die Ertragskraft und die Futterqualität der Dauerwiesen hängen von der Erhaltung einer starken Population guter Futtergräser ab. Horstbildende Gräser wie Italienisches Raigras oder Knaulgras haben eine begrenzte Lebensdauer. Damit solche Gräser ihren Bestandesanteil halten können, müssen sie ihre Population regelmässig generativ erneuern (SCHMITT 1995; ZIMMERMANN und NÖSBERGER 1996). Futter guter Qualität bei gleichsam hohen Erträgen erhält man aber, wenn im ersten Aufwuchs zu Beginn des Rispenschiebens geschnitten wird. Dies verhindert jedoch eine generative Vermehrung der Gräser, da die meisten Grasarten nur im ersten Aufwuchs Samen bilden. Der blütenbildende Vegetationspunkt oder Apex wächst im Entwicklungsstadium «Schossen» aus dem Triebgrund empor (GILLET, 1980). Durch eine erste Nutzung vor diesem Stadium sollte es deshalb möglich sein, dass die Gräser im zweiten Aufwuchs noch Blütenstände bilden. Vier intensiv bewirtschaftete Naturwiesen wurden während mehreren Jahren gezielt zum Versamen gebracht oder im Stadium Rispenschieben geschnitten, um zu untersuchen, bei welchen intensiv bewirtschafteten Wiesentypen eine Versamung zur Erhaltung der Gräser wichtig ist. Mit dem Ziel, eine Versamung bei möglichst hohem Anteil qualitativ gutem Futter im Jahresertrag zu erzielen, wurden vor dem Versamungsaufwuchs unterschiedlich frühe erste Nutzungen durchgeführt.

Material und Methoden

Vier Schnittverfahren (Tab. 1) wurden in einer Wiesenfuchsschwanz-Wiese, einer Knaulgras-Wiese und zwei Englisch Raigras-Wiesenrispengras-Mähweiden getestet. Die 3 x 5 m grossen Parzellen waren in einem vollständigen Blockdesign mit vier Wiederholungen angelegt. Die Anzahl Schnitte pro Jahr wurde an die Bewirtschaftung vor dem Versuch angepasst. Die Ertragsanteile der verschiedenen Pflanzenarten schätzten wir jeweils im Frühjahr nach Dietl (1995, modifiziert auf 12 Ertragsklassen). Den Versamungsaufwuchs verarbeiteten wir zu Bodenheu, so dass die reifen Blütenstände ihre Samen auf den Parzellen verlieren konnten. Zur Erhebung der anfallenden Samenmenge wurden pro Parzelle vier Plastikschaalen (Innenradius = 4,2 cm) auf Bodenhöhe vergraben. Der Gehalt an Nettoenergie Milch (NEL) wurde anhand des Gehalts der verdaulichen organischen Substanz nach TILLEY und TERRY (1963) gerechnet.

Tab. 1: Beschreibung der Schnittverfahren

Verfahren Bezeichnung	Abkürzung	Entwicklungsstadium des Bestandes	
		1. Schnitt	2. Schnitt
sehr früh	SF	1: Beginn Schossen	Samenreife des Zielgrases
früh	FR	2: Schossen (Weidestadium)	Samenreife des Zielgrases
mittelfrüh	MF	3: Beginn Rispenschieben	(Samenreife des Zielgrases)
sehr spät	SP	7: Samenreife	= 1. Schnitt

Ergebnisse und Diskussion

Bei einer ersten Nutzung der Wiesenfuchsschwanz-Wiese im Stadium «Beginn Rispenschieben» (Verfahren MF), konnte der Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis* L.) keine oder nur wenige Samen bilden (Abb. 1A). Im SF und FR war der Sameneintrag zwar kleiner als im SP, aber im Durchschnitt der Versuchsjahre immer noch 16 beziehungsweise 10 kg ha⁻¹. Im MF sank der Ertragsanteil des Wiesenfuchsschwanzes von 40 % im Ausgangsbestand auf 25 % im fünften Jahr (Abb. 1B). Der Verlust an Fuchsschwanz wurde durch eine Erhöhung der Anteile an Gewöhnlichem Rispengras (*Poa trivialis* L.) und Wiesen-Löwenzahn (*Taraxacum officinale* agg.) kompensiert. Der Fuchsschwanz wurde vor allem durch die Verfahren SP gefördert. In SF und FR blieb der Fuchsschwanzanteil erhalten. Im ersten Jahr wurde 128 dt TS/ha im MF geerntet und zwischen 103 und 111 dt TS/ha in den anderen Verfahren. Der Ertrag im MF nahm aber im Gegensatz zu den anderen Verfahren ab und erreichte nur noch 102 dt TS/ha im fünften Jahr. Am Ende des Versuches lag deshalb der Ertrag der Verfahren mit Versamung höher als derjenige des Verfahrens MF (Abb. 1C). Im MF erzielte man im ersten und zweiten Schnitt deutlich mehr Futter von guter Qualität als in den anderen Verfahren (Abb. 1D). Im FR konnte man im ersten Schnitt Futter mit einem hohen Gehalt an Netto-Energie Milch (NEL) ernten und die Qualität im zweiten Schnitt war besser als in SP. Das Verfahren FR war deshalb das Versamungsverfahren mit dem tiefsten Anteil an Futter minderwertiger Qualität.

Die Ergebnisse aus der Knaulgras-Wiese zeigten ein ähnliches Bild wie diejenigen aus der Wiesenfuchsschwanz-Wiese. Bei den Englisch Raigras-Wiesenrispengras-Mähweiden wurde aber das Gegenteil beobachtet: Obwohl das Englische Raigras (*Lolium perenne* L.) und das Wiesenrispengras (*Poa pratensis* L.) viele Samen bilden konnten, wurden sie durch die Versamungsaufwüchse geschwächt. Im Gegensatz zum Knaulgras (*Dactylis glomerata* L.), einem typischen Horstgras, sind das Englische Raigras und das Wiesenrispengras Arten, die sich unter einer intensiven Bewirtschaftung durch starke Bestockung vegetativ vermehren (rasenbildende Gräser). Als Untergräser wurden sie wahrscheinlich vom Bestand stark beschattet und das Wachstum von generativen Trieben beeinträchtigte offenbar die Bildung von vegetativen Kriechtrieben.

Freie Themen
Vegetation und Biodiversität von Wiesen und Weiden

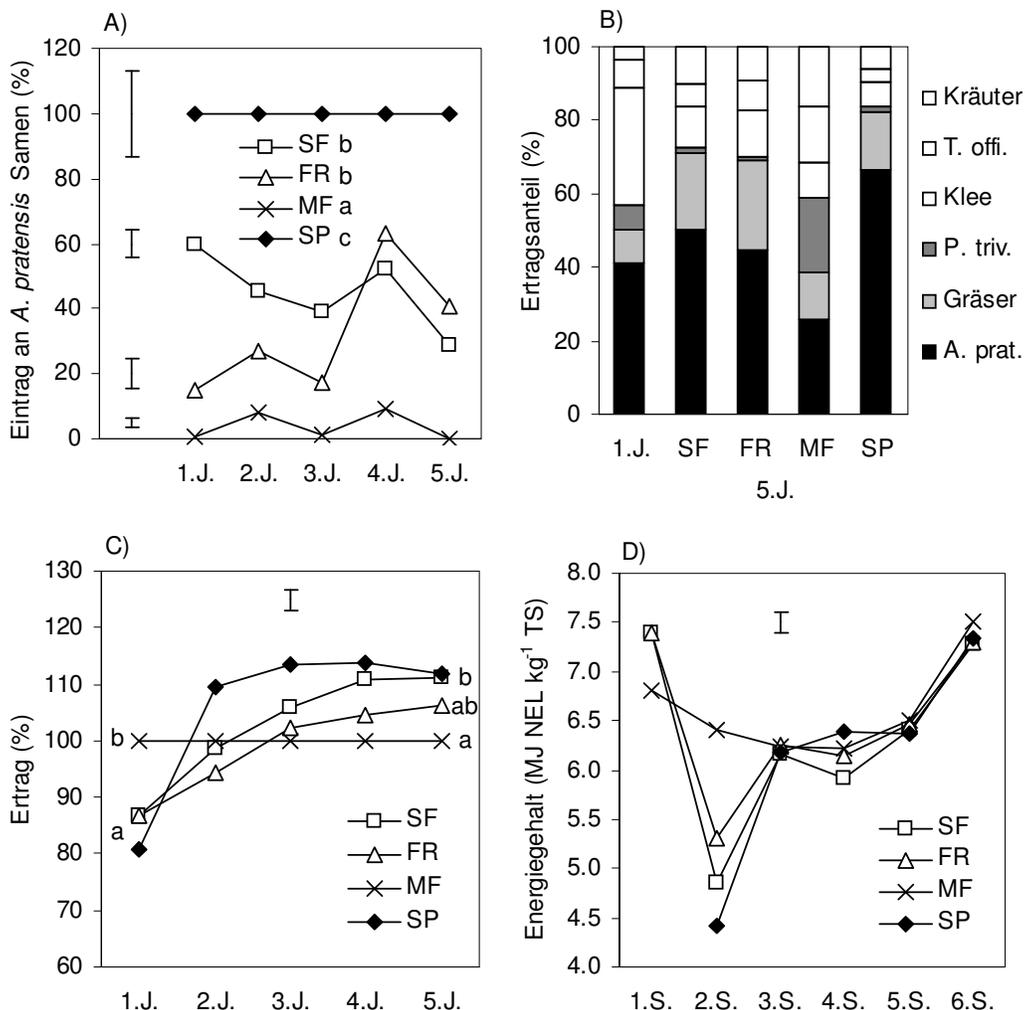


Abb. 1: Einfluss der Schnittverfahren in der Wiesenfuchsschwanz-Wiese auf A) den Eintrag an Wiesenfuchsschwanz-Samen, B) die botanische Zusammensetzung im fünften Jahr, C) den Futterertrag, dargestellt als Prozent des Ertrags im Verfahren MF und D) den Jahresverlauf des Energiegehaltes des Futters für das fünfte Jahr. In A) unterscheiden sich die Verfahren, die vom gleichen Buchstaben gefolgt sind, im Mittel der fünf Jahre nicht signifikant voneinander. In C) zeigen die Buchstaben Unterschiede in den 1. und 5. Jahr. 1.J. = Erstes Jahr, A. prat. = *Alopecurus pratensis*, Gräser = Andere Futtergräser, P. triv. = *Poa trivialis*, T. off. = *Taraxacum officinale*, 1.S. = Erster Schnitt, TS = Trockensubstanz, NEL = Netto-Energie Milch, Fehlerindikatoren = durchschnittlicher Standardfehler des Mittelwertes (n = 4).

Durch Versamungsaufwüchse können also gute Wiesenbestände mit Horstgräsern erhalten werden. Gegenüber dem Verfahren mit Versamung im ersten Aufwuchs (SP) konnte mit einem ersten Schnitt im frühen Weidestadium (FR) und einem gezielten Versamen im zweiten Aufwuchs das Milchproduktionspotenzial, dank einer besseren Futterqualität, um zirka 2500 kg pro ha und Jahr verbessert und das Risiko einer Bestandeslagerung im Versamungsaufwuchs

minimiert werden. Beim Versamungsaufwuchs in diesem Verfahren fielen immer noch mehr keimfähige Samen der Zielart an als für eine Übersaat aufgewendet würden. Dieses Verfahren ist deshalb ein möglicher Kompromis zwischen hohem Sameneintrag und guter Futterqualität.

Untersuchungen zeigten, dass die einzelnen Individuen von mehreren Horstgras-Arten nach ungefähr sechs Jahren eingehen (SCHMITT 1995). Versamungsaufwüchse sind deshalb nicht jährlich nötig. Unser Versuch zeigt aber, dass sich der Bestand innerhalb von fünf Jahren schon stark verschlechtern kann, falls die Versamung ausbleibt, und dass die Keimfähigkeit der während eines Versamungsaufwuchses produzierten Grassamen manchmal schlecht ist. Um die Ertragsanteile von Horstgräsern zu erhalten, sollten deshalb Versamungsaufwüchse öfters als jedes fünfte Jahr stattfinden.

Schlussfolgerungen

Knaulgras- und Wiesenfuchsschwanz-Wiesen, die stets im Stadium Rispen-schieben geschnitten werden, erfahren langfristig eine Bestandesverschlechterung. Dank einer gezielten Versamung dieser Gräserarten konnten die Populationen an Knaulgras, einem typischen Horstgras, und an Wiesenfuchsschwanz erhalten oder gefördert werden. Hingegen verloren die rasenbildenden Gräser Englisches Raigras und Wiesenrispengras in den Versamungspartellen Bestandesanteile. Von Versamungsaufwüchsen für Bestände mit einem hohen Anteil an guten rasenbildenden Gräsern ist deshalb abzuraten.

Eine erste Nutzung im frühen Weidestadium (Schossen) vor dem Versamungsaufwuchs ermöglichte eine genügende Samenbildung im Folgeaufwuchs bei einem geringeren Anteil an minderwertigem Futter als bei einer Versamung im ersten Schnitt.

Literatur

- DIETL, W. (1995): Wandel der Wiesenvegetation im Schweizer Mittelland. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 4, 239-249.
- GILLET, M. (1980): Les graminées fourragères. Description, fonctionnement, applications à la culture de l'herbe. Bordas, Paris. 306 S.
- SCHMITT, R. (1995): Horstgräser: Lebensdauer, Ertrag, Vermehrungspotential. *Agrarforschung* 2, 108-111.
- TILLEY, J.M.A. und TERRY, R.A. (1963): A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.
- ZIMMERMANN, M. und NÖSBERGER, J. (1996): Wiesenschwingel ist auf seine Versamung angewiesen. *Agrarforschung* 3, 145-148.

***Senecio aquaticus*: Risikoflächen und Einfluss der Bewirtschaftung**

M. Suter^{1,2}, A. Lüscher¹

¹Forschungsanstalt Reckenholz Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich; Email: matthias.suter@art.admin.ch

²Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus AGFF, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

Einleitung und Problemstellung

Senecio aquaticus Hill ist eine für Nutztiere und Menschen giftige Kreuzkrautart, die in den letzten Jahren vermehrt im landwirtschaftlichen Grasland zu beobachten ist. *S. aquaticus* besiedelt vor allem feuchte Habitate; oft wächst sie in drainierten Flach- und Hangmooren, die heute bewirtschaftet werden (DIERSCHKE UND BRIEMLE, 2002). Eine Zunahme von *S. aquaticus* in landwirtschaftlichen Flächen könnte mit Veränderungen in der Bewirtschaftung zusammenhängen. Um Zeit und Kosten zu sparen werden heute vielerorts Parzellen mit ungünstiger Topographie und/oder Bodenbedingungen weniger intensiv bewirtschaftet als bisher. Solche Veränderungen beeinflussen sowohl das Auftreten von einzelnen Arten als auch die botanische Zusammensetzung der Bestände. Da die giftigen Pyrrolizinalkaloide von *S. aquaticus* auch in die Milch gelangen können (ELCOCK UND OEHME, 1982), ist eine weitere Ausbreitung der Art in bewirtschaftete Flächen unbedingt zu verhindern.

Material und Methoden

Der Einfluss der Bewirtschaftung und der Standortfaktoren auf das Vorkommen von *S. aquaticus* wurde mittels einer „gepaarten Case-Control-Studie“ untersucht (AGRESTI, 2002). Dazu wurden gemeldete, landwirtschaftlich genutzte Parzellen mit *S. aquaticus* aufgesucht (Cases). In der unmittelbaren Umgebung jeder Kreuzkraut-Fläche wurde als Vergleich eine weitere Parzelle ohne *S. aquaticus* mit möglichst ähnlichen Standorteigenschaften ausgewählt (Controls); die beiden Parzellen mit respektive ohne *S. aquaticus* konnten sich allerdings in der Nutzung unterscheiden. Die total 72 Parzellen der Studie befanden sich im Schweizer Mittelland und dem Alpennordrand auf 420 bis 1120 m ü. M.

In jeder Parzelle wurde auf einer repräsentativen Fläche von 5 x 5 m² eine Vegetationsaufnahme durchgeführt und die Lückigkeit der Grasnarbe geschätzt. Weiter wurden die Umweltvariablen Neigung und Exposition gemessen und eine Bodenprobe entnommen (13 Einstiche pro Aufnahme-Fläche, 0-10 cm, Analyse von P, K und der Körnung nach AGROSCOPE FAL RECKENHOLZ, 1999). Die Bewirtschafter wurden nach dem Nutzungstyp (Mähwiese oder Weide), der Nutzungshäufigkeit und nach der Art (Gülle, Mist oder Mineraldünger) und der

Menge der Düngung befragt. Aus diesen Angaben wurde der applizierte, pflanzenverfügbare Stickstoff berechnet ($N_{\text{verfügbar}}$ gedüngt). Auch Nutzungsänderungen und Störungen in den vergangenen 15 Jahren wurden erfasst.

Der Einfluss der Bewirtschaftungs- und Umweltvariablen auf *S. aquaticus* wurde mittels logistischer Regression und Vorwärtsselektion analysiert; die Zielvariable war die Präsenz bzw. Abwesenheit von *S. aquaticus*. Aus der Regressionsanalyse wurde das relative Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* berechnet. Das relative Risiko gibt das Verhältnis der Auftretenswahrscheinlichkeit der Art für zwei Stufen einer Umweltvariablen wie zum Beispiel geringe respektive hohe Lückigkeit an (AGRESTI, 2002). Zusätzlich wurden für die beiden Gruppen mit und ohne *S. aquaticus* die durchschnittlichen Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Einen entscheidenden Einfluss auf das Vorkommen von *S. aquaticus* hatte die Stickstoff-Düngung. Auf Parzellen, die mit 100 kg N pro ha und Jahr gedüngt wurden, war das Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* etwa dreimal geringer als auf Parzellen, die 50 kg N pro ha und Jahr erhielten (Relatives Risiko = 0,38; Tab. 1). Hohe Stickstoffgaben und Nutzungsintensitäten fördern schnellwachsende Arten mit hoher Konkurrenzkraft (CARLEN *et al.*, 2002); unter solchen Bedingungen kann sich eine dichte Grasnarbe bilden, die das Aufkommen von Problempflanzen vermindert. Trotz dieser Präferenz für geringe Düngung konnte *S. aquaticus* auch in mehreren Parzellen mit mittlerer bis hoher Düngung und Nutzungsintensität gefunden werden.

Tab. 1: Umwelt- und Bewirtschaftungsvariablen mit signifikanten Effekten auf das Vorkommen von *Senecio aquaticus*. Die Variablen wurden mittels logistischer Regression und Vorwärtsselektion getestet. Das relative Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* ergibt sich aus dem Vergleich jeder einzelnen Variable mit dem Achsenabschnitt (AGRESTI, 2002).

Variable	Regressions-Koeffizient	Relatives Risiko	p -Wert
Achsenabschnitt (Intercept) [†]	-1,871		
$N_{\text{verfügbar}}$ gedüngt	-0,020	0,38 [‡]	0,023
Verminderung der Nutzungsintensität	1,893	6,64	0,035
Neigung	4,963	2,70 [¶]	0,022
Lückigkeit: Hoch (5 - 25%)	1,591	4,91	0,043
R^2	0,480		

[†] Der Achsenabschnitt repräsentiert Grasland, das mit $N_{\text{verfügbar}}$ von 50 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ gedüngt und auf dem die Nutzungsintensität nicht verändert wurde. Weitere Eigenschaften dieser Parzellen sind 0% Neigung und geringe Lückigkeit (< 5%).

[‡] Relatives Risiko im Vergleich zum Achsenabschnitt für das Auftreten von *S. aquaticus* bei 100 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹.

[¶] Relatives Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* bei einer Neigung von 20%.

Parzellen, auf denen in den letzten 15 Jahren die Nutzungsintensität vermindert wurde, zeigten ein gut sechsmal höheres Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* als Parzellen, deren Nutzung nicht verändert wurde (Relatives Risiko = 6,64; Tab. 1). Nach einer Verminderung der Nutzungsintensität verändert sich oft die Vegetationszusammensetzung. Arten, die mit weniger Nährstoffen auskommen, nehmen überhand und können schnell wachsende Arten verdrängen (KOUTROUBAS *et al.*, 2000). In unserem Fall muss die Veränderung des Bestandes das Aufkommen von *S. aquaticus* gefördert haben. Bei einer Extensivierung ist das Auftreten von Lücken sehr wahrscheinlich, und *S. aquaticus* mit seiner grossen Anzahl flugfähiger Samen konnte sich in diesen Nischen ausbreiten.

Die Neigung war ein weiterer signifikanter Faktor. Steile Parzellen hatten ein fast dreimal so hohes Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* als ebene Parzellen (Relatives Risiko für eine Neigung von 20% = 2,70; Tab. 1). Werden stark geneigte Flächen bewirtschaftet, sind Grasnarbenverletzungen i.d.R. nicht zu vermeiden, sei es durch Tritt bei Beweidung oder durch Fahrspuren bei Mahd. Die entstehenden Lücken weisen gute Bedingungen für die Keimung und Etablierung von Pflanzen auf (SILVERTOWN UND SMITH, 1989). Dass solche Lücken für *S. aquaticus* wichtig sind, wurde auch für die untersuchten Flächen gezeigt: Parzellen mit hoher Lückigkeit von 5 bis 25% hatten ein ca. fünfmal höheres Risiko für das Auftreten von *S. aquaticus* als Parzellen mit geringer Lückigkeit (Relatives Risiko = 4,91; Tab. 1).

Der Zeigerwert für Feuchtigkeit war für die Parzellen mit *S. aquaticus* mit einem Durchschnitt von 3,3 signifikant höher als für Parzellen ohne *S. aquaticus* mit einem Durchschnitt von 3,1 (Tab. 2). In Übereinstimmung fanden sich in der Gruppe mit *S. aquaticus* Indikatorarten, die feuchte Bedingungen anzeigen, so zum Beispiel die Flatter-Binse (*Juncus effusus*), die Moor-Spierstaude (*Filipendula ulmaria*) und die Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) (SUTER UND LÜSCHER, 2008). Gemäss einer Kennartenanalyse traten diese Arten häufig mit *S. aquaticus* auf und unterstreichen die Bedeutung von feuchten Habitaten für das Vorkommen der Art.

Tab. 2: Durchschnittliche Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) (1 = tief, 5 = hoch) für die Gruppen mit und ohne *Senecio aquaticus* (*Sa*).

Zeigerwert	mit <i>Sa</i>	ohne <i>Sa</i>	<i>p</i> -Wert der Differenz [†]
Feuchtezahl	3,3	3,1	0,006
Reaktionszahl	2,9	3,0	0,079
Nährstoffzahl	3,5	3,7	0,001

[†] Wilcoxon-Rangsummentest

In dieser Untersuchung stellten wir fest, dass sich *S. aquaticus* auch auf Flächen mit mittlerer bis hoher Düngungs- und Nutzungsintensität (drei bis fünf Nutzungen) halten kann. Durch eine Erhöhung der Nutzungsintensität kann *S. aquaticus* deshalb nicht angegangen werden, zumal eine intensivere Nutzung auf vielen Flächen nicht möglich ist, sei es infolge ungünstiger Topografie (starke Neigung) oder schwieriger Bodenbedingungen (schwere, feuchte Böden). Wo immer möglich sollte *S. aquaticus* in der Frühphase der Etablierung angegangen werden, wenn auf einer Parzelle erst wenige Individuen auftreten, die durch Ausreissen oder Einzelstockbehandlung mit Herbiziden noch einfach zu bekämpfen sind.

Schlussfolgerungen

Diese Studie zeigte, dass Lückigkeit und damit verbundene Faktoren wie Nutzungsänderungen und Neigung einen grossen Einfluss auf das Vorkommen von *S. aquaticus* haben. Der Förderung einer dichten Grasnarbe kommt deshalb zentrale Bedeutung zu. Auch die Pflege der Parzellen, zum Beispiel das Mähen von Problempflanzen, sollte keinesfalls vernachlässigt werden.

Diese "On-Farm" Untersuchung folgte dem Design einer Case-Control Studie. Wir zeigten, dass dieser Ansatz sehr effektiv ist, da er verlässliche Aussagen in relativ kurzer Zeit erlaubt. Das Vorkommen einer Art kann mit der Bewirtschaftung und den Standortfaktoren, die schon über lange Zeit bestehen, verbunden werden. Solche Daten können durch Kurzzeit-Experimente nicht erhalten werden.

Literatur

- AGRESTI, A. (2002): Categorical data analysis, 2nd edn. Wiley, New York, US.
- AGROSCOPE FAL RECKENHOLZ (1999): Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 1: Bodenuntersuchung zur Düngberatung. Eidg. Forschungsanstalten FAL-RAC-FAW, Zürich, Schweiz.
- CARLEN, C., KÖLLIKER, R., REIDY, B., LÜSCHER, A. & NÖSBERGER, J. (2002): Effect of season and cutting frequency on root and shoot competition between *Festuca pratensis* and *Dactylis glomerata*. *Grass and Forage Science* 57, 247-254.
- DIERSCHKE, H. und BRIEMLE, G. (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- ELCOCK, L. und OEHME, F. W. (1982): *Senecio* poisoning in horses: a summary. *Veterinary and Human Toxicology* 24, 122-123.
- KOUTROUBAS, S. D., VERESOGLOU, D. S. & ZOUNOS, A. (2000): Nutrient use efficiency as a factor determining the structure of herbaceous plant communities in low-nutrient environments. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184, 261-266.
- LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröffentlichungen Geobotanisches Institut ETH* 64, 1-208.
- SILVERTOWN, J. und SMITH, B. (1989): Mapping the microenvironment for seed germination in the field. *Annals of Botany* 63, 163-168.
- SUTER, M. und LÜSCHER, A. (2008): Occurrence of *Senecio aquaticus* in relation to grassland management. *Applied Vegetation Science* 11, 317-324.

Auswirkungen geringer mineralischer Düngung auf Pflanzenbestand und Biomasseproduktion eines artenreichen Halbtrockenrasens

G. Briemle, B. Tonn

Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, Atzenberger Weg 99, D-88326 Aulendorf,
Email: bettina.tonn@lvvg.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

Geringe Standortproduktivität und damit geringe interspezifische Konkurrenz gehören zu den wichtigsten Ursachen des hohen Artenreichtums vieler Halbtrockenrasen (DENGLER, 2005). Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere von Stickstoff, kann durch die damit verbundene Produktivitätssteigerung und die Förderung von Gräsern zu Biodiversitätsverlusten führen. Diese Effekte können auf manchen Standorten bereits durch den atmosphärischen N-Eintrag verursacht werden (BOBBINK et al., 1998). Eine zusätzliche Düngerezufuhr gilt daher im Allgemeinen als unvereinbar mit dem Erhalt von Halbtrockenrasen. Aufgrund des stattfindenden Nährstoffexports im Erntegut erscheint aus landwirtschaftlicher Sicht eine Nährstoffrückführung durch Düngung dennoch sinnvoll.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es festzustellen, wie Produktivität und Artenzusammensetzung eines artenreichen Halbtrockenrasens auf die Gabe geringer Mengen mineralischen Düngers reagieren. Die applizierte Düngermenge orientierte sich dabei an den zu Versuchsbeginn im Untersuchungsgebiet üblichen Düngergaben.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort im Naturschutzgebiet "Filsenberg" auf der Schwäbischen Alb liegt 780 m ü. NN hoch und weist eine mittlere Jahresdurchschnittstemperatur von 6,0-6,5 °C sowie eine mittlere jährliche Niederschlagssumme von 850 mm auf. Beim Boden handelt es sich um eine Rendzina-Braunerde aus lehmig-tonigen Kalkstein mit einer Gründigkeit von etwa 30 cm. Die Vegetation zu Versuchsbeginn war dem *Gentiano verna*-*Brometum*, KUHN 1957 in der Variante mit *Hieracium pilosella* zuzuordnen. Die vormaligen Ackerflächen wurden seit Mitte des 19. Jahrhunderts als einschürige Mähder genutzt und seit Mitte des 20. Jahrhunderts mit Thomasmehl oder mineralischem Mischdünger in geringen Mengen gedüngt.

Im Jahr 1983 wurde ein Versuch mit sechs Varianten eingerichtet, die je eine Parzelle von 126 m² umfassten. Im Folgenden werden die in Tab. 1 aufgeführten vier Varianten betrachtet. Die mineralische Düngung wurde als Kalkammonsalpeter, Novaphos und Kornkali verabreicht. Die Mahd erfolgte einmal jährlich Mitte Juli unter Erfassung des Trockenmasseertrags. Vegetationsaufnahmen in Form einer Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP (1930) erfolgten zu Beginn

jährlich, später zum Teil alle zwei bis drei Jahre, auf je einem 25 m² großen Dauerquadrat je Versuchsvariante. Zur Bestimmung der Bodennährstoffgehalte wurden alle zwei bis vier Jahre auf den Dauerquadraten Mischproben in der Tiefe von 0-30 cm (1988-2002) bzw. 0-10 cm (1994-2006) entnommen.

Tab. 1: Beschreibung der Versuchsvarianten

Versuchsvariante	Beschreibung
Mahd o. Düngung	Mahd, keine Düngung
PK 10/16	Mahd, Düngung je Hektar: 10 kg P ₂ O ₅ , 16 kg K ₂ O
NPK 10/10/16	Mahd, Düngung je Hektar: 10 kg N, 10 kg P ₂ O ₅ , 16 kg K ₂ O
NPK 20/20/32	Mahd, Düngung je Hektar: 20 kg N, 20 kg P ₂ O ₅ , 32 kg K ₂ O

Ergebnisse und Diskussion

Innerhalb von 22 Jahren sank die Zahl der auf den Dauerquadraten erfassten Gefäßpflanzenarten auf der ungedüngten Parzelle von 63 auf 51 Arten ab (Abb. 1). Vier neu hinzugekommenen Arten stehen 15 nicht mehr gefundene gegenüber. Bei letzteren handelt es sich überwiegend um mesotraphente Arten (mittlere N-Zahl nach ELLENBERG (1992): 4,7), während die Zugänge obligate Magerkeitszeiger sind (mittlere N-Zahl: 2,5). Die höchsten Artenzahlen wurden bei den Düngungsvarianten PK 10/16 (bis zu 70 Arten je Dauerquadrat) und NPK 10/10/16 erfasst. Die in diesen beiden Varianten neu hinzugekommenen Arten sind zu einem großen Teil den *Molinia-Arrhenatheretalia* zuzuordnen. In allen drei Düngungsvarianten stiegen die Ertragsanteile einiger bereits vorhandener Arten dieser Klasse, beispielsweise *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus* oder *Rhinanthus alectorolophus*, an. Diese Verschiebungen der Artenzusammensetzung spiegeln sich in der leicht ansteigenden mittleren N-Zahl der Düngungsvarianten und der sinkenden mittleren N-Zahl der ungedüngten Variante wieder (Abb. 1). Insgesamt blieben jedoch selbst bei der Variante NPK 20/20/32 bis zuletzt Arten der Magerrasen dominant (Tab. 2).

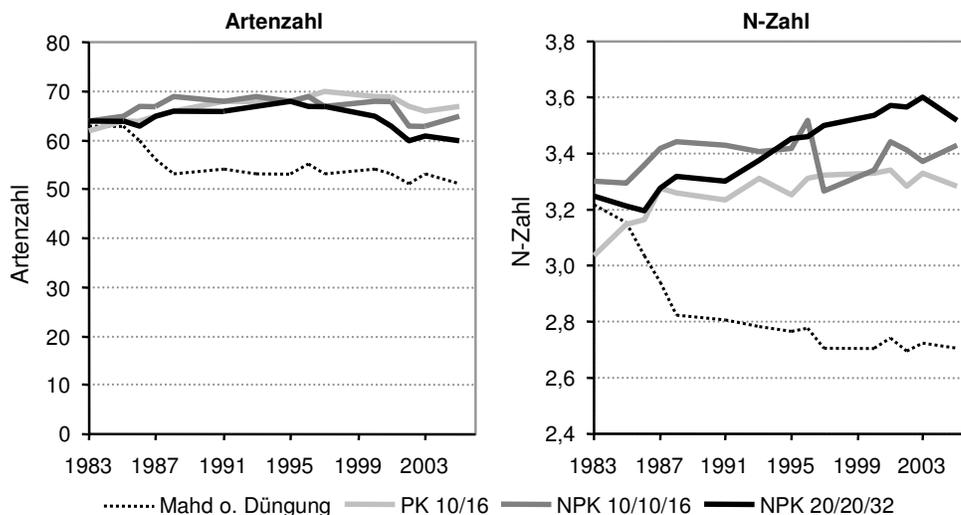


Abb. 1: Entwicklung der Artenzahl und der mittleren N-Zahl nach ELLENBERG (1992) über den Versuchszeitraum.

Tab. 2: Ertragsanteil (EA) [%] und Anzahl von Arten der *Nardo-Callunetea* und *Festuco-Brometea* zu Beginn des Versuches 1983 und im Jahr 2005

		Mahd o. Düngung		PK 10/16		NPK 10/10/16		NPK 20/20/32	
		1983	2005	1983	2005	1983	2005	1983	2005
<i>Nardo-</i>	EA	0,4	3,1	0,5	0,9	1,2	0,6	0,8	0,7
<i>Callunetea</i>	Anzahl	2	7	3	5	2	3	4	4
<i>Festuco-</i>	EA	61	65	61	60	61	56	60	65
<i>Brometea</i>	Anzahl	26	21	27	23	25	21	26	21

Die jährlichen Biomasseerträge schwankten auf dem flachgründigen Standort witterungsbedingt stark. Der gleitende Mittelwert der Erträge über sieben Jahre lässt die unterschiedliche Entwicklung in den Varianten deutlicher hervortreten (Abb. 2). Während alle Düngungsvarianten einen Trend zur Ertragszunahme aufwiesen, waren die Erträge der ungedüngten Variante konstant bis leicht sinkend. Die Entwicklung der Standortproduktivität stimmt damit sehr gut mit der durch den Pflanzenbestand (N-Zahl) angezeigten Entwicklung der Nährstoffversorgung überein. Im Gegensatz dazu traten auch nach über 20 Jahren Versuchslaufzeit zwischen den Varianten kaum Unterschiede in den Gehalten pflanzenverfügbarer Nährstoffe auf (Tab. 3).

Im Mittel über die Jahre 1983 bis 2006 ergaben sich in der Variante PK 10/16 4,9 dt TM/ha Mehrertrag gegenüber der ungedüngten Variante; in den Varianten NPK 10/10/16 und NPK 20/20/32 waren es 6,6 bzw. 10,8 dt TM/ha. Angesichts dieses sehr geringen Ertragszuwachses ist davon auszugehen, dass Düngung in dieser Größenordnung, im Gegensatz zur Situation zu Versuchsbeginn, heute kaum praktische Relevanz besitzt.

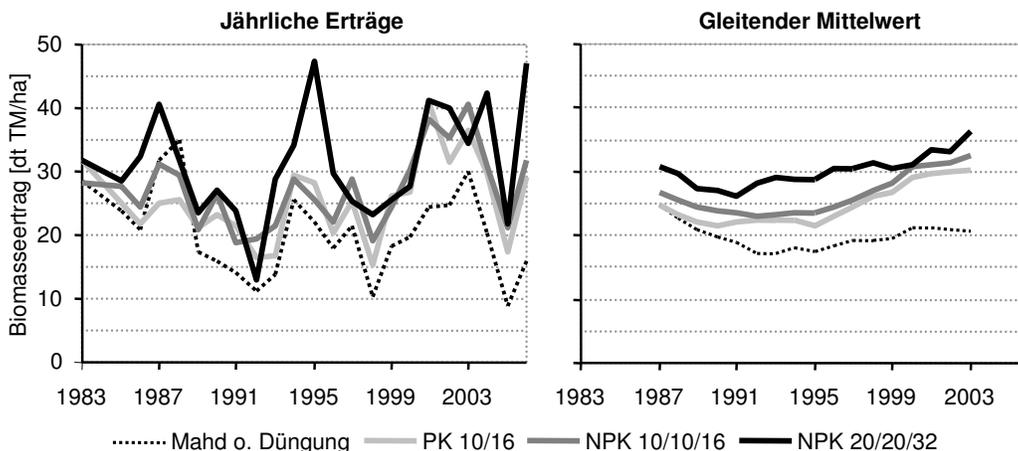


Abb. 2: Jährliche Biomasseerträge und gleitender Mittelwert über sieben Jahre.

Tab. 3: Pflanzenverfügbare Bodennährstoffgehalte [mg / 100 g Boden] in den Jahren 1988, 1994 und 2006; 1: Entnahmetiefe [cm]

	P ₂ O ₅ (CAL)				K ₂ O (CAL)			
	1988 0-30 ¹	1994 0-30 ¹	1994 0-10 ¹	2006 0-10 ¹	1988 0-30 ¹	1994 0-30 ¹	1994 0-10 ¹	2006 0-10 ¹
Mahd o. Düngung	1	<1	2	4	15	10	18	13
PK 10/16	1	<1	2	4	19	12	20	13
NPK 10/10/16	2	<1	3	4	18	14	21	16
NPK 20/20/32	1	<1	2	5	23	10	17	15

Schlussfolgerungen

Die Abnahme der N-Zahl sowie konstante bis sinkende Biomasseerträge in der ungedüngten Variante lassen darauf schließen, dass am Versuchsstandort keine Eutrophierung durch atmosphärische N-Einträge stattfand. Auch eine zusätzliche Erhöhung der Nährstoffverfügbarkeit durch geringe Mengen mineralischer Düngung führte im Verlauf von 22 Jahren nicht zu gravierenden Änderungen in der Vegetation des untersuchten Halbtrockenrasens. Dieser enthielt, bedingt durch die bereits zuvor praktizierte geringfügige Düngung, bereits vor Versuchsbeginn Arten des extensiv genutzten Wirtschaftsgrünlandes. In der Variante PK 10/16 kam es durch Koexistenz dieser Arten mit den am Standort auftretenden Magerrasenarten zur höchsten pflanzlichen Biodiversität. Dem Verlust einiger nährstoffanspruchsvoller Arten in der ungedüngten Variante steht das Hinzukommen mehrerer obligater Magerkeitszeiger gegenüber. Damit ist aus rein naturschutzfachlicher Sicht ein vollständiger Düngeverzicht optimal für die Erhaltung und Entwicklung eines typisch ausgeprägten *Gentiano-vernae-Brometums*. Außerhalb von Schutzgebieten ist angesichts der geringeren Vergütung für die Landschaftspflege die Aufrechterhaltung einer landwirtschaftlichen Nutzung jedoch stets an die Erzielung gewisser Mindesterträge gebunden. Hier wäre ein Erhalt von besonders artenreichen Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum* SCHERRER 1925) nur unter einer gewissen geringfügigen Düngung möglich.

Literatur

- BOBBINK, R., HORNING, M. & ROELOFS, J.G.M. (1998): The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86, 717-738.
- DENGLER, J. (2005): Zwischen Estland und Portugal – Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Phytodiversitätsmuster europäischer Trockenrasen. *Tuexenia* 25, 387-405.
- KLAPP, E. (1930): Zum Ausbau der Graslandbestandsaufnahme zu wissenschaftlichen Zwecken. *Pflanzenbau* 6, 197-210.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, 2. Auflage. Göttingen: Goltze, 258 S.

Teilflächenbezogene ökologische und futterwirtschaftliche Beurteilung des Grünlandes im Naturschutzgebiet Heiligensee und Hütelmoor (2005)

R. Schönfeld – Bockholt, D. Roth und L. Dittmann

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock, D-18059 Rostock, Justus-von-Liebig Weg 6; Email: reate.bockholt@uni-rostock.de

Einleitung

Das Naturschutzgebiet „Heiligensee und Hütelmoor“ besteht seit 1957. Es ist eine Moor-Senke in Höhe von 0 bis 1,5 m NN im Waldgebiet „Rostocker Heide“, welches das Naturschutzgebiet mit Sandböden in einer Höhenlage > 2m in westlicher, südlicher und östlicher Richtung umgibt. Die nördliche Begrenzung bildet ein Ostseedeich. Die Größe beträgt 490 ha. Ab 1975 erfolgten trotz Schutzstatus auf über 70% des Grünlandes die Intensivierung mit Schöpfwerksbetrieb, Düngung, Grünlandumbruch und Ansaat von hochwertigen Gräsern, was seit 1990 konsequent rückgängig gemacht wurde. Die Flächen werden seitdem teilweise nach den Regeln der naturschutzgerechten Grünlandbewirtschaftung genutzt. Auswirkungen auf die Bodenwasserverhältnisse sowie die Tier- und Pflanzenwelt im Totalreservat wurden mit großem Interesse verfolgt (Bohne, 2005, Kureck, 2008), der landwirtschaftliche Wert bisher noch nicht.

Material und Methoden

Das Ergebnis beruht auf 150 Vegetationsaufnahmen und Bodenproben, die im Jahre 2005 auf den 1975 für die intensive landwirtschaftliche Nutzung geschaffenen Teilflächen in gleichmäßiger Verteilung platziert wurden (Flächenanteilsschätzung der Species je 25 m²). Für die Bewertung wurden die ökologischen Kennzahlen nach ELLENBERG und die Futterwertzahlen nach KLAPP benutzt. Die Veränderung wurde an Hand von Vegetationsaufnahmen aus dem Jahre 1988 beurteilt.

Ergebnisse und Diskussion

Es ist bereits bekannt, dass das mittlere Grundwasserniveau seit Einstellung des Schöpfwerksbetriebes auf einer besonderen Teilfläche, dem Totalreservat, bei gleichzeitiger Vergrößerung der Schwankungsbreite zwischen Sommer- und Wintergrundwasserstand um 40 cm gestiegen ist (Bohne, 2005).

An den ökologischen Feuchtezahlen gemessen (Tab.1, Abb. 1)) beträgt diese Veränderung auf den früher gut befahrbaren landwirtschaftlichen Nutzflächen gegenüber 1988 im Mittel 1,5 Einheiten Differenz, wobei die Schwankungsbreite zwischen 0 Einheiten auf höher gelegenen sandigen Randflächen und 4 Einheiten Differenz auf zentral und tiefer gelegenen Moorflächen liegt (Tab.1).

Oberhalb der Feuchtezahl 7,5 , (das trifft für 56 % der früher gut nutzbaren Teilflächen zu), sind die Teilflächen in klimatisch normalen Jahren nicht mehr befahrbar und auch nicht mehr beweidbar. Die dazu gehörenden Pflanzengesellschaften werden durch *Bolboschoenus maritimus* (Strand-Simse), *Agrostis stolonifera* ssp. *salina* (Flechtstraußgras) und *Juncus effusus* (Flutterbinse) dominiert (Tab.2). Über diese Flächen (F>7,5) können keine Nutzungsverträge im Rahmen der naturschutzgerechten Grünlandnutzung mehr abgeschlossen werden. Während das Brackwasserröhricht (Feuchtezahl 8,8) auch in extrem trockenen Sommern nicht beweidbar und befahrbar ist, kann man eventuell in extrem trockenen Sommern die Flutterbinsen – Weidegesellschaft und die Straußgras-Salzweide-Gesellschaft noch 2-3 Monate in die Beweidungsmaßnahmen einbeziehen.

Tab.1: Bodenarten, Feuchtezahlen und ihre Veränderung seit 1988

Fläche-Nr.	Bodenart	Org. Masse (%)	Feuchtezahl 1988	Feuchtezahl 2005	Fläche-Nr.	Bodenart	Org. Masse (%)	Feuchtezahl 1988	Feuchtezahl 2005
1	Anmoor	18	6,0	6,1	19 b	Sand	10	7,0	7,0
2 a	Sand	10	6,0	6,0	19 c	Moor	32	7,0	9,6
2 b	Sand	10	7,0	7,1	20	Sand	12	7,0	7,9
3	Anmoor	27	6,0	7,0	21	Sand	5	7,0	7,1
4	Moor	31	6,0	8,0	22	Sand	5	5,0	8,0
5 a	Sand	10	6,0	6,0	23	Sand	7	5,0	7,1
5 b	Sand	10	6,0	7,1	24	Sand	9	5,0	9,1
6	Moor, tief	70	6,0	9,1	25	Sand	14	5,0	9,1
7	Sand	8	6,0	8,1	26	Moor	35	5,5	9,0
8	Moor	32	6,0	9,6	27	Anmoor	26	5,5	9,2
9	Anmoor	16	6,0	8,0	28	Moor	37	6,0	9,0
10	Moor	37	6,0	7,1	29	Moor	39	6,0	9,1
11	Moor, tief	53	6,0	7,1	30	Moor	39	8,2	9,5
12	Anmoor	17	6,0	7,8	31	Moor, tief	55	8,2	9,0
13	Moor	46	6,0	8,3	32	Moor, tief	83	7,0	6,9
14	S / Anmoor	12	7,0	7,1	33	Moor, tief	68	7,0	7,0
15	S / Anmoor	13	7,0	7,2	34-36	Unzugänglich			
16	Sand	9	7,0	7,1	37	Anmoor	17	6,0	8,4
17	Sand	9	7,0	7,5	38	Moor, tief	44	6,0	8,7
18	Sand	10	7,0	7,1	39	Moor, tief	72	Fehlt	8,9
19 a	Sand	10	7,0	6,0	40	Moor, tief	64	Fehlt	10,0
						Mittelwert		6,3	7,8

Die Pfeifengras-Reitgras-Gesellschaft (*Molinia coerulea* und *Calamagrostis* – *Species*) und die nicht zugänglichen Teilflächen (weitere 10%) könnten theoretisch, an der Feuchtezahl gemessen, noch genutzt werden, sind aber praktisch so uneben, dass sie für eine Grünlandnutzung auch nicht mehr in Frage kommen. Der verbleibende Rest (ca. 35% der Fläche) mit Feuchtezahlen <7,5 und Dominanz von Flechtstraußgras (*Agrostis stolonifera*), Gemeiner Quecke (*Elytrigia repens*) oder Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) befindet sich auf etwas höher gelegenen Anmoor- oder Sandböden und kann unter der Bedingung spät beginnender Weidezeit (Juni) im Zusammenhang mit absinkenden Sommer - Grundwasserständen jährlich genutzt werden. Futterwertzahlen von 4 bis 5 deuten (bei einer Skala, die von -1 bis 8 reicht) auf eine mittlere Futterqualität hin. Die Salz-Zahlen aller Pflanzengesellschaften >1,5 (Tab.2) zeigen an, dass in allen Pflanzengesellschaften salzverträgliche Arten vorgefunden wurden. Am häufigsten und großräumigsten wurden die Salz liebenden Arten

Trifolium fragiferum (Erdbeerklee), *Eleocharis uniglumis* (Einspelzige Sumpfsimse), *Bolboschoenus maritimus* (Gemeine Strand-Simse) und *Schoenoplectus tabernaemontani* (Salz-Teichsimse) angetroffen.

Tab. 2: Ökologische Bewertung der Pflanzengesellschaften und Futterwert

Pflanzengesellschaften	Bodenart	F-Zahl	R-Zahl	N-Zahl	S-Zahl	FW-Zahl
Brackwasserröhricht 24 % <i>Bolboschoenus maritimus</i> , 30 % <i>Agrostis stolonifera</i>	Moor, tief	8,8	7,5	5,9	2,8	2,5
Straussgras-Salzweide-Gesellschaft 50 % <i>Agrostis stolonifera</i> (ssp. S.), 7 % <i>Bolboschoenus maritimus</i>	Moor, tief	7,8	7,4	5,5	2,6	4,3
Flatterbinsen - Weidegesellschaft 31 % <i>Juncus effusus</i> 40 % <i>Agrostis stolonifera</i> ,	Sand Anmoor	7,6	5,8	5,6	2,0	4,7
Straußgras - Weidegesellschaft 30 % <i>Agrostis stolonifera</i> , 10 % <i>Juncus effusus</i>	Sand Anmoor	7,0	5,9	5,6	1,8	4,5
Pfeifengras – Reitgras - Gesellschaft 7 % <i>Molinia coerulea</i> , 48 % <i>Calamagrostis epigejos</i>	Moor, tief	6,8	4,1	4,8	1,2	2,3
Quecken - Weidegesellschaft 19 % <i>Agropyron repens</i> , 18 % <i>Agrostis stolonifera</i> ,	Sand	6,1	6,0	6,0	1,8	5,0
Weidelgras- Weidegesellschaft 18 % <i>Lolium perenne</i> , 14 % <i>Agrostis stolonifera</i> ,	Sand	6,0	6,3	5,9	1,6	5,5

Zusammenfassung

Die ökologischen Feuchtezahlen nach ELLENBERG haben durch Abschaltung des Schöpfwerkes im Mittel um 1,5 Einheiten, im Extrem zwischen 0 bis 4 Einheiten zugenommen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind nur noch 35 % der Flächen mit Feuchtezahlen <7,5 und mittlerem Futterwert (Wertzahlen 4-5 nach KLAPP) bei verspätetem Weidebeginn jährlich landwirtschaftlich nutzbar. Die Salzzahlen sind gegenüber 1988 geringfügig erhöht und erreichen im Unterschied zu 1988 in allen Pflanzengesellschaften Werte >1 (bis 2,8).

Literatur

- BOHNE, BARBARA, 2006: Entwicklung des Grundwasserstandes im Hütelmoor bei Markgrafenheide nach Rückbau des Schöpfwerkes. - Universität Rostock. - unveröffentlichter Bericht
- KURECK, ANJA, 2008: Vegetationsökologische Untersuchungen im NSG „Heiligensee und Hütelmoor“ bei Rostock unter besonderer Berücksichtigung des Salzfaktors. - Diplomarbeit Universität Rostock
- ROTH, DANIELA, 2006: Die aktuelle Grünlandvegetation im Naturschutzgebiet „Heiligensee und Hütelmoor“, deren Bewertung und Veränderung nach 16 Jahren Extensivierung. - Diplomarbeit Universität Rostock

Freie Themen
Vegetation und Biodiversität von Wiesen und Weiden

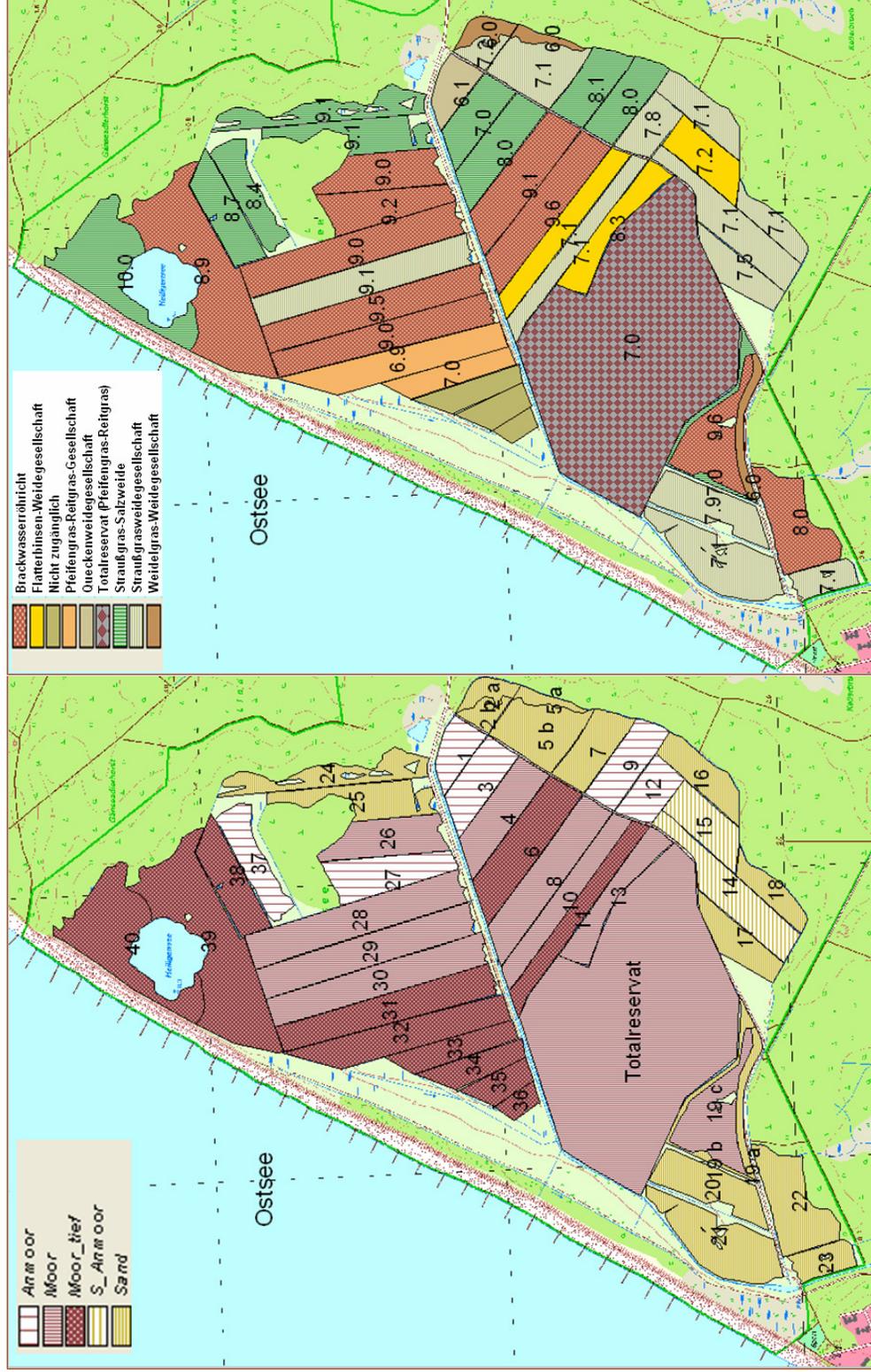


Abb.1 Karte des NSG Hütelmoor-Heiligensee (l.: Bodenarten u. Flächennummern; r.: Pflanzengesellschaften u. Feuchtezahlen)

Einfluss von Betriebsstruktur und Bewirtschaftung auf die Pflanzenvielfalt in Bergwiesen

M. K. Schneider, I. Weyermann, A. Lüscher

Forschungsanstalt Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich;
Email: manuel.schneider@art.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Traditionell bewirtschaftetes Grünland bildet die Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion im Alpenraum und ist zugleich ein wertvolles Habitat für zahlreiche seltene Tier- und Pflanzenarten. Aus diesen Gründen ist die grünlandbasierte Berglandwirtschaft ein Erhaltungsziel der Schweizerischen Landwirtschaftspolitik und jährlich werden um 150 Mio. Euro für ökologische Leistungen im Schweizerischen Berggebiet ausbezahlt (23% der gesamten Direktzahlungen). Gleichzeitig unterliegt die Berglandwirtschaft einem fortschreitenden Strukturwandel, der dazu geführt hat, dass die durchschnittliche Betriebsgrösse zwischen 1999 und 2006 von 13.7 auf 16.0 ha zugenommen hat (BUNDESAMT FÜR STATISTIK, 2007). Die Auswirkungen dieses Strukturwandels auf die Biodiversität sind weitgehend unbekannt. Für einen effizienten Einsatz der Direktzahlungen ist es jedoch wichtig zu wissen, ob eine gute ökologische Leistung durch bestimmte Betriebsstrukturen gefördert oder eher durch parzellenbezogene Vorschriften bedingt sind. Wir untersuchten deshalb, wie sich Betriebsgrösse und Tierdichte im Betrieb auf (i) die Pflanzenvielfalt auf Parzellenniveau und (ii) die Anteile von Grünland unterschiedlicher Intensität auf Betriebsniveau auswirken.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet: Die Region Savognin liegt in Graubünden in den östlichen Schweizer Alpen und hat ein sommertrockenes Klima mit um 1050 mm Jahresniederschlag. Die untersuchten Grünlandflächen liegen zwischen 1000 und 2000 m über Meer.

Pflanzenvielfalt auf Parzellenniveau: In der Untersuchungsregion wurden 25 Betriebe mit unterschiedlichen Kombinationen von Betriebsgrösse und Tierdichte ausgewählt (gemäss Tab. 1, je 5 Betriebe pro Strukturgruppe).

Tab. 1: Betriebsstrukturgruppen gemäss Betriebsgrösse und Tierdichte

		Tierdichte [GVE / ha]		
		hoch: 1.1 - 2.4	mittel: 0.9 - 1.1	tief: 0.4 - 0.9
Fläche [ha]	gross: 23 - 52	gFhT		gFtT
	mittel: 13 - 22		mFmT	
	klein: 5 - 11	kFhT		gFtT

Auf jedem Betrieb wurden zusammen mit dem Betriebsleiter je 2 intensiv und 2 extensiv bewirtschaftete Flächen ausgewählt. Auf diesen Flächen wurden auf 25m² die Ertragsanteile aller Pflanzenarten bestimmt. Die Daten wurden mittels einer Korrespondenzanalyse analysiert.

Anteile Grünland unterschiedlicher Intensität: Für eine Teilgruppe der Betriebe (je 4 pro Strukturgruppe) wurde die Vegetation der gesamten bewirtschafteten Fläche phytosoziologisch kartiert. Die Vegetationseinheiten (gemäss DIETL *et al.*, 1981) wurden dann gemäss ihrer wahrscheinlichen Nutzungsintensität reklassifiziert. Eine multinomiale Regression (AGRESTI 2002) wurde verwendet, um die Anteile von Grünland verschiedener Nutzungsintensität in Abhängigkeit von Flächengröße und Tierdichte der Betriebe abzuschätzen.

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzenvielfalt auf Parzellenniveau: Eine Ordination der botanischen Zusammensetzung der untersuchten Parzellen mittels einer Korrespondenzanalyse zeigte, dass die Nutzungsintensität einen wesentlichen Einfluss auf die Pflanzenvielfalt hatte (Abb. 1a). Die Anzahl Arten nahm mit abnehmender Intensität ab. Artenzahlen in intensiv bewirtschafteten Wiesen reichten von 20 – 59 Arten pro 25 m² mit einem Mittelwert bei 37, währenddem in extensiven Wiesen 29 – 73 Arten (Mittelwert 50) gefunden wurden. Die artenreichsten Bestände befanden sich vornehmlich in steilem Gelände auf flachgründigen Böden, was sich auch an der signifikanten Korrelation der Ordination mit den Umweltvariablen Neigung und Höhe zeigt [r^2 von 0.2210 ($p < 0.001$) und 0.69 ($p < 0.001$)]. Im Gegensatz zu Nutzungsintensität und Umweltvariablen kann die botanische Zusammensetzung von Grünlandbeständen der verschiedenen Strukturgruppen der Betriebe nicht unterschieden werden (Abb. 1b).

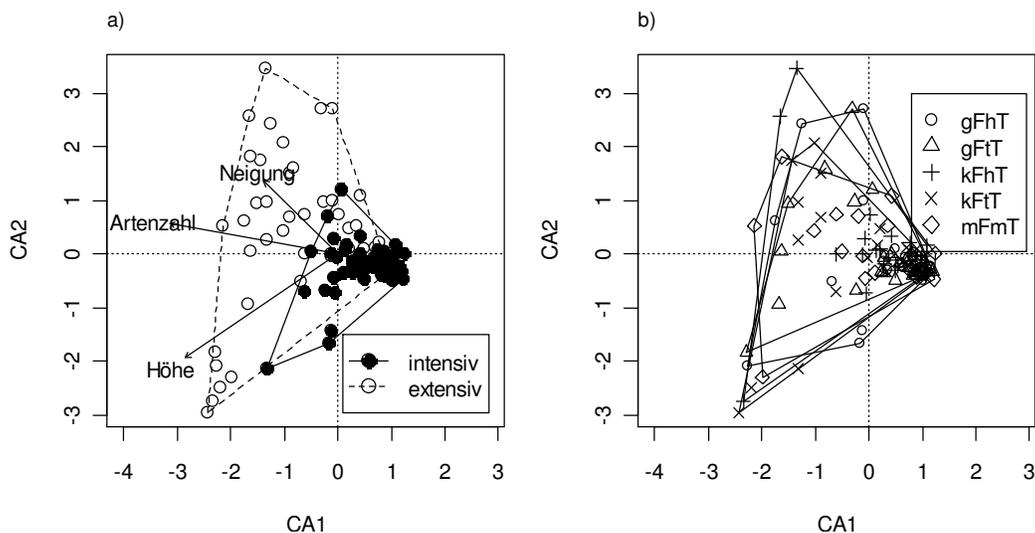


Abb. 1 a, b: Ordination der botanischen Zusammensetzung von Bergwiesen mittels Korrespondenzanalysen. Gruppierung der Aufnahmen nach (a) Nutzungsintensität und (b) Betriebsstrukturgruppen. Legende der Betriebsstrukturgruppen siehe Tab. 1.

Diese Resultate zeigen, dass die Artenvielfalt in Bergwiesen auf Parzellenebene weitgehend von Bewirtschaftungsintensität und Standortfaktoren bestimmt wird. Gründe für den fehlenden Effekt der Betriebsstruktur auf die Artenzusammensetzung sind (i) dass alle untersuchten Betriebe auch extensive Flächen bewirtschafteten und diese explizit in die Aufnahmen einbezogen wurden und (ii) dass all diese extensiven Flächen vergleichbar bewirtschaftet wurden. Hier spielten zwei Besonderheiten der Schweizerischen Agrargesetzgebung eine wichtige Rolle: (i) Betriebe müssen 7% ihrer Fläche als ökologische Ausgleichsfläche ausweisen um in den Genuss von Direktzahlungen zu kommen und (ii) diese ökologischen Ausgleichsflächen unterliegen einheitlichen Nutzungseinschränkungen bezüglich Schnittzeitpunkt und Düngung (Schnitt mindestens 1mal in drei Jahren, später Schnittzeitpunkt, keine Düngung oder nur Mist alle 2 Jahre, die Wiesen dürfen im Frühjahr nicht geggt werden, ALN GRAUBÜNDEN, 2002).

Anteile Grünland unterschiedlicher Intensität: Höchste Anteile von extensiv genutztem artenreichen Grünland fanden sich auf Betrieben mit kleiner Fläche und tiefer Tierdichte (durchschnittlich 68%, 38-87%) Diese Betriebe wurden meist im Nebenerwerb bewirtschaftet und hielten Schafe. Im Gegensatz dazu waren die Anteile intensiv oder mittelintensiv bewirtschafteter Flächen auf größeren Betrieben häufiger (Abb. 2). Durchschnittlich weisen grosse Betriebe 31% (13-67%) extensive Flächen auf. Wie erwartet ist dieselbe Tendenz bei steigender Tierdichte zu beobachten. So bewirtschafteten kleine Betriebe mit grosser Tierdichte nur durchschnittlich 27% (16-42%) ihrer Fläche extensiv. Eher unerwartet steigt allerdings bei grossen Betrieben mit zunehmender Tierdichte der Anteil extensiver Wiesen an. Eine mögliche Erklärung dafür ist die Abnahme von mittelintensiv bewirtschafteten Wiesen (also eine Konzentration der Produktion auf intensive Wiesen).

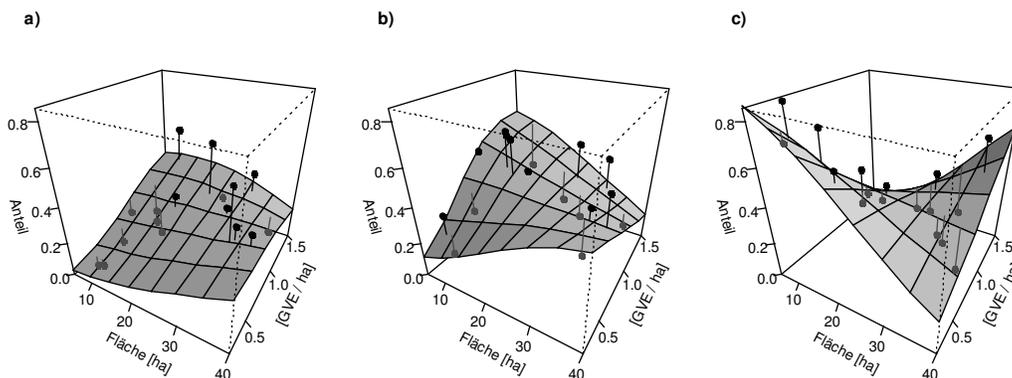


Abb. 2 a, b, c: Anteile von (a) intensivem, (b) mittelintensivem und (c) extensivem Grünland in Abhängigkeit von Betriebsgrösse und Tierdichte, geschätzt mittels einer multinomialen Regression aufgrund von Vegetationskartierungen der gesamten Nutzfläche von 20 Bergbetrieben. Punkte zeigen die gemessenen Daten mit ihren Residuen.

Schlussfolgerungen

Unsere Erhebungen haben gezeigt, dass die Betriebstruktur keinen Einfluss auf die Artenvielfalt auf Parzellenniveau hat. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass in der Untersuchungsregion aufgrund des agrarpolitischen Umfelds alle Betriebe Flächen unterschiedlicher Nutzungsintensität bewirtschaften. In den Flächenanteilen unterschiedlicher Intensität innerhalb eines Betriebs ergeben sich allerdings Unterschiede in Abhängigkeit von der Betriebstruktur. Vor allem kleine Betriebe mit niedriger Tierdichte weisen einen hohen Anteil extensiver Flächen auf. Diese wiesen im Schnitt immerhin 50 Pflanzenarten pro 25 m² auf und unterstreichen die hohe Biodiversität in Bergwiesen wie sie auch in anderen Regionen nachgewiesen wurde (KAMPMANN et al., 2008; PETER et al. 2008). Diese extensiv genutzten, artenreichen Bestände finden sich vornehmlich auf steilen Flächen mit flachgründigen Böden. Eine gezielte Förderung einer angepassten Nutzung dieser marginalen Standorte ist für deren Erhaltung zentral und naturschützerisch effizienter als die Unterstützung und Förderung gewisser Betriebstrukturen. Allerdings zeigt diese Untersuchung gerade auch, dass die Evaluation solcher Steuerungsmassnahmen die Betrachtung unterschiedlicher Skalen (hier Parzelle und Gesamtbetrieb) nicht ausser acht lassen sollte.

Literatur

- AGRESTI, A. (2002): Categorical Data Analysis. 2. ed., New York: Wiley.
- ALN GRAUBÜNDEN (2002): Qualitätssicherung von extensiv und wenig intensiv genutzten Wiesen, Streuflächen, Hecken und Hochstamm-Obstbäumen nach Art. 3 der ÖQV im Kanton Graubünden. Chur: Amt für Natur und Landschaft Graubünden
- DIETL, W., BERGER, P. & OFNER, M. (1981): Die Kartierung des Pflanzenstandortes und der futterbaulichen Nutzungseignung von Naturwiesen. Zürich: FAP / AGFF.
- KAMPMANN, D., HERZOG, F., JEANNERET, P., KONOLD, W., PETER, M., WALTER, T., WILDI, O. & LÜSCHER, A. (2008): Mountain grassland biodiversity: Impact of site conditions versus management type. *Journal for Nature Conservation* 16, 12-25.
- PETER, M., GIGON, A., EDWARDS, P. & LÜSCHER, A. (2008): Changes over three decades in the floristic composition of nutrient-poor grasslands in the Swiss Alps. *Biodiversity & Conservation*, submitted.

Bewertung von Pflanzenbeständen und Milchleistung in Ökobetrieben Nordwestdeutschlands

M. Vormann¹, U. von Borstel², E. Leisen¹

¹ Landwirtschaftskammer NRW, Nevinghoff 40, D-48147 Münster
Email: Edmund.Leisen@LWK.NRW.DE

² Universität Bonn

Fragestellung

Welche Zusammensetzung weist die Grünlandnarbe auf (Futterwertzahl), welche Milchleistung wird in ökologischen Grünlandbetrieben erreicht und gibt es eine Beziehung zwischen den beiden Parametern? Diese Fragen bilden den Schwerpunkt der hier vorgestellten Untersuchung.

Material und Methoden

- Betriebsauswahl: 56 Öko-Milchviehbetriebe, davon 22 reine Grünlandbetriebe
- Schätzung der Ertragsanteile einzelner Arten (KLAPP & STÄHLIN 1936, zit. in VOIGTLÄNDER & VOSS 1979) auf allen Grünlandflächen jedes Betriebes
- Mittlerer Futterwert der Bestände: errechnet anhand der Futterwertzahlen von KLAPP et al. 1953 unter Berücksichtigung des Ertragsanteils jeder Art
- Milchmenge (kg ECM/Kuh*a): verkaufte + verarbeitete + verfütterte + selbst verbrauchte Milch (Mittel der Jahre 2005 – 2007)
- Fütterungserhebung mithilfe von standardisierten Fragebögen (2005-2007)

Ergebnisse und Diskussion

Ertragsanteile

Tab. 1: Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen als Mittelwert von 1005 Einzelaufnahmen im Grünland von 56 Öko-Milchviehbetrieben

	Gräser	Kräuter	Leguminosen
Ertragsanteil (%)*	80,6	13,1	6,3
davon Deutsches Weidelgras	24,3		

* Aufnahmezeitpunkt: April/Mai der Jahre 2005 bis 2007

Der Ertragsanteil von **Deutschem Weidelgras** liegt im Mittel aller Erhebungen bei 24,3%. Dieses Niveau ist vergleichbar mit den Ergebnissen von Wachendorf

& Taube (2001), die in Grünlandbeständen von 23 schleswig-holsteinischen Ökobetrieben einen Ertragsanteil von 28% ermittelten.

Dem **Weißklee** kommt im ökologischen Landbau eine hohe Bedeutung zu aufgrund seiner Fähigkeit zur symbiontischen Fixierung von Luftstickstoff. In den eigenen Untersuchungen erreichen die Leguminosen (v.a. Weißklee) durchschnittlich 6,3% Anteil am Ertrag in den Frühjahrsaufnahmen. (Anmerkung: im Sommer und Herbst liegen die Kleeanteile höher, wie eigene Bonituren zeigen).

Futterwertzahl des Öko-Grünlandes in einzelnen Regionen

Die untersuchten Betriebe im Münsterland, im Bergischen Land und in der Eifel zeichnen sich durch eine identische mittlere Futterwertzahl von 6,6 aus. Die Grünlandbestände sind gekennzeichnet durch einen hohen Anteil hochwertiger Futterpflanzen, wobei diese im Münsterland stärker grasbetont sind als im Bergland.

In den Betrieben am Niederrhein erreicht das Deutsche Weidelgras den höchsten Ertragsanteil (36,6 % EA) im Grünland, gleichzeitig die höchste Futterwertzahl von 7,0 und die niedrigste mittlere Artenzahl (13,7). Wachendorf & Taube (2001) ermittelten mit einer durchschnittlichen Futterwertzahl von 6,8 auf Öko-Grünland vergleichbare Kennwerte, die allerdings nicht die FWZ der konventionellen Flächen von 7,3 erreichten.

Tab. 2: Ertragsanteile bestandsbildender Arten sowie mittlere Arten- und Futterwertzahl von Öko-Grünland in verschiedenen Regionen Nordwestdeutschlands

Standort	FWZ*	Anmoor	Niedermoor	Trockenstand-orte in Übergangs- und Berglagen	Niederrhein	Bergland (Berg. Land und Eifel)	Münsterland
Anzahl Betriebe		3	2	9	7	16	19
Ertragsanteil (EA %) bestandsbildender Arten							
Weißklee	8	5,6	1,3	7,7	6,6	7,0	5,3
Deutsch. Weidelgras	8	28,9	2,4	21,0	36,6	24,2	25,6
Gemeine Rispe	7	23,7	10,8	10,6	15,5	10,9	21,1
Wiesenfuchsschwanz	7	21,4	11,5	9,8	17,9	13,0	12,2
Wolliges Honiggras	4	1,8	24,6	10,5	3,0	8,6	10,4
Löwenzahn	5	3,7	1,4	12,4	7,3	11,1	8,3
Ökologische Kennwerte des Grünlandes							
Mittl. Futterwertzahl		6,8	4,8	6,3	7,0	6,6	6,6
Mittlere Artenzahl		15,7	15,3	19,3	13,7	17,1	14,1
Anteil Gräser / Kräuter / Leguminosen							
Gräser		84	90	74	82	78	83
Kräuter		10	9	17	11	15	11
Leguminosen		6	1	9	7	7	6

* FWZ=Futterwertzahl nach KLAPP & STÄHLIN (1936)

Auf Trockenstandorten in Übergangs- und Berglagen sinkt die Futterwertzahl auf 6,3 ab, denn dort kommen vermehrt weniger wertvolle Futterpflanzen wie das Wollige Honiggras vor und in der Krautschicht sind erhöhte Anteile von Löwenzahn (12,4% EA) zu finden. Diese Standorte sind gleichzeitig durch die höchste mittlere Artenzahl von 19,3 gekennzeichnet. Erhebungen zur Bewirtschaftung zeigen: Auf diesen Standorten treten in Trockenperioden Narbenschäden auf. Die Grünlandbestände auf anmoorigen Standorten können wertvolles Futter liefern (FWZ 6,8), während die Futterwertzahl auf den beiden untersuchten Niedermoorstandorten deutlich auf 4,8 absinkt. Hier fallen die Ertragsanteile von Weißklee und Deutschem Weidelgras auf ein Minimum zugunsten von Arten mit geringem Futterwert (u. a. Wolliges Honiggras) ab. Ein wesentlicher Grund dafür können erschwerte Bewirtschaftungsbedingungen (u. a. Befahrbarkeit) sein.

Anzustreben ist insbesondere in reinen Grünlandbetrieben eine möglichst hohe durchschnittliche Futterwertzahl innerhalb des Betriebes (möglichst etwa 7,0), da angenommen wird, dass nur bei guter Grundfutterqualität eine hohe Milchleistung zu erzielen ist.

Milchleistung, Kraffuttermenge und Futterwertzahlen

In der folgenden Abbildung wird die Milchleistung in 22 ausgewählten Grünlandbetrieben in Abhängigkeit von der Kraffuttermenge der ermittelten durchschnittlichen Futterwertzahl gegenüber gestellt. Die Darstellung erfolgt getrennt für die Betriebe, deren Grünlandbestände durch niedrigere (6,0 – 6,6) bzw. höhere (6,7 – 7,4) Futterwertzahlen gekennzeichnet sind.

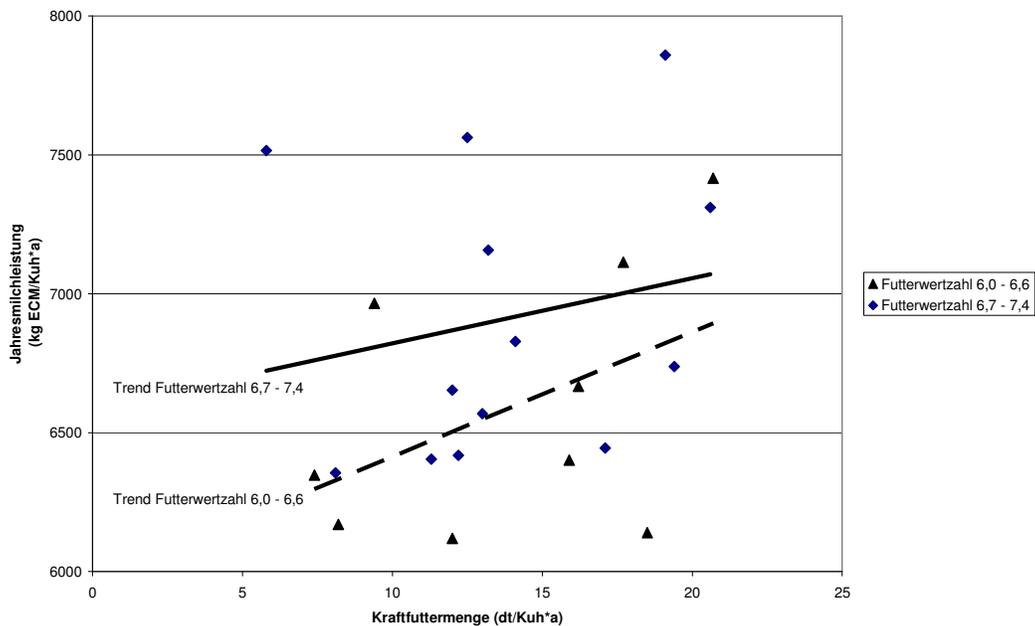


Abb. 1: Milchleistung, Kraffuttermenge und Futterwertzahlen in Öko-Grünlandbetrieben

(Milchleistung und Kraffuttermenge: dreijähriges Mittel, unberücksichtigt: Moor- und Trockenstandorte)

Die Milchleistung im Mittel der Jahre 2005 bis 2007 variiert in den 22 ausgewerteten Öko-Grünlandbetrieben zwischen 6120 und 7859 kg ECM/Kuh*Jahr. Tendenziell weisen Betriebe mit höherer Futterwertzahl höhere Milchleistungen auf als Betriebe mit futterwirtschaftlich weniger wertvollen Grünlandbeständen. Diese Beziehung gilt auch dann, wenn relativ hohe Kraffuttermengen gefüttert werden (bis zu 20 dt/Kuh*Jahr). Allerdings zeigt die Auswertung eine große Streuung. Hier können viele Einflussfaktoren wirksam sein, die die Milchleistung beeinflussen, aber nicht erfasst werden können (beispielsweise Management im Betrieb, Krankheiten im Milchviehbestand, Schnittermine in einzelnen Jahren etc.) Auch die durchschnittliche Futterwertzahl ist in ihrer Aussage begrenzt, z.B. wenn schnell alternde, aber wertvolle Futterpflanzen wie der Wiesenfuchschwanz (Futterwertzahl 7) aus standortbedingten Gründen nicht rechtzeitig geerntet werden können und somit der Futterwert schnell sinkt.

Fazit

Die vorliegende Auswertung zeigt, dass Betriebe mit höherer Futterwertzahl des Grünlandes gekennzeichnet sind durch eine tendenziell höhere Milchleistung als Betriebe mit futterwirtschaftlich weniger wertvollen Grünlandbeständen. Auch in Öko-Grünlandbetrieben sollte deshalb großes Augenmerk auf die Bestandeszusammensetzung der Grünlandflächen gelegt werden, um optimale Voraussetzungen für die Ernte guter Grundfutterqualitäten zu schaffen. In betriebswirtschaftlicher Hinsicht gewinnt diese Frage aktuell vor dem Hintergrund hoher Kraffuttermehrpreise an Bedeutung.

Literatur

- KLAPP E. & STÄHLIN A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- KLAPP E., BOEKER P., KÖNG F. & STÄHLIN A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Grünland **2**, S. 38-40.
- VOIGTLÄNDER G. & VOSS N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- WACHENDORF M. & TAUBE F. (2001): Artenvielfalt, Leistungsmerkmale und bodenchemische Kennwerte des Dauergrünlands im konventionellen und ökologischen Landbau in Nordwestdeutschland. Pflanzenbauwissenschaften **5** (2), S. 75-86.

Ausführliche Versuchsergebnisse: siehe Homepage www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ mit finanzieller Unterstützung des Landes und der EU durchgeführt.

Der Einfluss von Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Mulchen auf die Alpha - Biodiversität höherer Grünlandpflanzen (Ergebnisse eines 16-jährigen Parzellenversuches in der Kernzone des Nationalparks „Vorpommersche Boddenlandschaft“)

R. Schönfeld – Bockholt*

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, D-18059 Rostock,
Justus-von-Liebig Weg 6, Email: reate.bockholt@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Außer dem Schutz von vom Aussterben bedrohten Lebewesen ist die Erhaltung höchstmöglicher Biodiversität ein erklärtes Ziel des Natur- und Umweltschutzes. Im Jahre 1992 sind mit der Gründung des Nationalparks „Vorpommersche Boddenlandschaft“ 600 ha des zwischen den Jahren 1970 und 1990 mit höchstem Aufwand bewirtschafteten Intensivgrünlandes zur Kernzone des Nationalparks erklärt worden. Als Entwicklungsziele für das bereits vor 1900 gedeichte Dauergrünland gelten seit 1992 die Entwicklung zum unter Naturschutz stehenden Salzgrünland sowie die Renaturierung einer artenreichen Flora und Fauna. Um die diesen Zielen entsprechende beste Bewirtschaftungsvariante zu finden und die Aushagerung der mit Nährstoffen angereicherten Flächen zu verfolgen, wurde ein langjähriger Parzellenversuch ohne Düngungsvarianten angelegt, der bisher 16 Jahre läuft.

Material und Methoden

Es handelt sich um wechselfeuchten Grundwasser – Sandboden mit 600 mm Jahresniederschlag und 8,0 ° C Jahrestemperatur im langjährigen Mittel. Nach Zwischennutzung mit Silomais erfolgte die Anlage des Feldversuches auf nach Boden- und Wasserverhältnissen einheitlichem Land (Wasserstufe 2+ nach PETERSEN bzw. Feuchtezahlen 5,6 bis 5,8 nach ELLENBERG).

3-faktorieller Parzellenversuch mit 4 – facher Wiederholung, Parzellen 12 m ² :		
Faktor A (3 Stufen): Begrünungsvariante	Faktor B (4 Stufen): Nutzungshäufigkeit	Faktor C (2 Stufen): Verbleib der Phytomasse
Selbstbegrünung	Ohne Nutzung = Sukzession	Phytomasse geräumt
Weidelgräser	1 Schnitt / Jahr	Phytomasse gemulcht
Vielartenmischung m. Klee	2 Schnitte / Jahr	
	3 Schnitte / Jahr	

Die botanischen Aufnahmen erfolgten jeweils zweimal in den Jahren 1992 bis 2007 durch dieselbe Person als Flächenanteilschätzung, wobei sämtliche Pflanzenarten registriert wurden. Die botanischen Aufnahmen wurden mit Hilfe von Varianzanalysen und dem Duncan-Test ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Bodennährstoffgehalte und Erträge wurden nach 10 jähriger Auswertung an anderer Stelle beschrieben (Bockholt, 2002). Danach sind ab 4. Nutzungsjahr des Versuches hoch signifikante Differenzen der Bodenparameter in Abhängig-

keit von der Schnitthäufigkeit (organische Masse des Bodens, Kohlenstoffgehalt des Bodens, Kalium-Gehalt des Bodens) und dem Verbleib der Phytomasse (organische Masse des Bodens, Kohlenstoffgehalt des Bodens, Phosphor-Gehalt des Bodens, Kaliumgehalt des Bodens) aufgetreten, wobei die freie Sukzession signifikant den stärksten Nährstoffanstieg hatte. In Bezug auf Trockenmasseertrag und Nährstoffentzug wurden vom ersten bis zehnten Nutzungsjahr hoch signifikante Differenzen in Abhängigkeit von allen 3 Versuchsfaktoren (Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Verbleib der Phytomasse) nachgewiesen.

Die mittlere Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und deren Entwicklung (Abb.1) ist durch 10 dominierende Arten >2% und zahlreiche sonstige Arten <2% charakterisiert, wobei die autochthonen Arten Quecke (*Elytrigia repens*), Knäuelbinse (*Juncus conglomeratus*), Knickfuchsschwanz (*Alopecurus geniculatus*), Gemeine Rispe (*Poa trivialis*) und die angesäten Arten Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*), Hornklee der Sorte „Hoki,, (*Lotus corniculatus*), Deutsches Weidelgras der Sorten „Alex“ / „Matura“ (*Lolium perenne*), Weißklee (*Trifolium repens*) im Mittel aller Varianten und Jahre den größten Raum einnehmen.

Mit Ausnahme der Knäuelbinse, die in Mecklenburg Vorpommern auf der Roten Liste der geschützten Pflanzenarten steht, treten die Zielarten des Naturschutzes nicht als dominierende Pflanzen in Erscheinung. Insgesamt 8 Rote Liste-Arten und 2 Leguminosen des Salzgrünlandes als Zielarten des Naturschutzes befinden sich aber unter den Pflanzenarten <2%, die in den 16 Jahren zwar nicht kontinuierlich in allen Jahren, aber doch sehr oft im Pflanzenbestand der Versuchsfläche wuchsen.

Das sind: Schmalblättriger Hornklee (*Lotus tenuis*) und Erdbeer-Klee (*Trifolium fragiferum*) als typische Pflanzen von Salzwiesen sowie Strand – Tausendgüldenkraut (*Centaurium littorale*), Flammender Hahnenfuß (*Ranunculus flammula*), Kuckucks-Lichtnelke (*Lychnis flos-cuculi*), Mittlerer Wegerich (*Plantago media*), Hasenpfotensegge (*Carex ovalis*), Wiesensegge (*Carex nigra*), Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Knäuelbinse (*Juncus conglomeratus*) als Pflanzen der Roten Liste von Mecklenburg-Vorpommern.

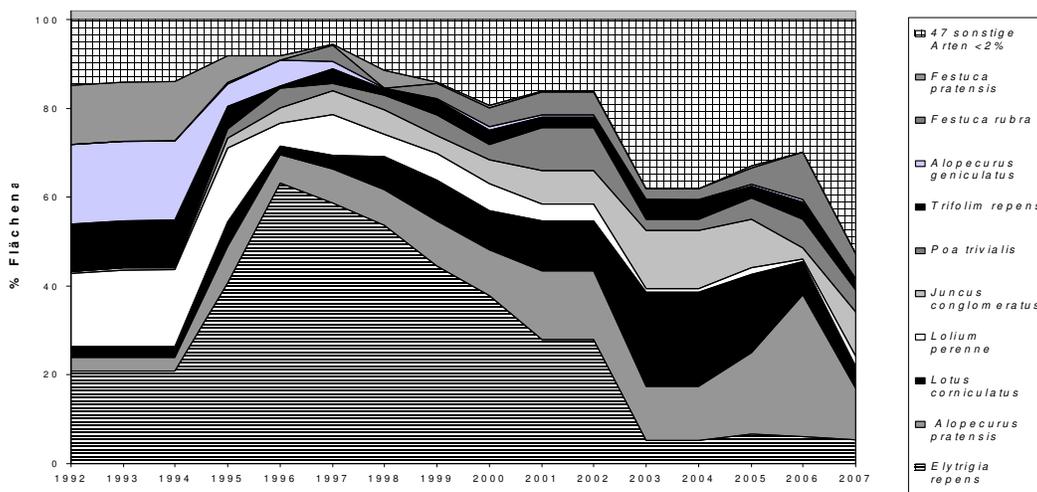


Abb.1: Die 10 wichtigsten Pflanzenarten im Mittel aller Behandlungsvarianten

Alle 3 Versuchsfaktoren wirkten signifikant auf die Alpha - Biodiversität (Anzahl der Pflanzenarten je Parzelle), wobei die Selbstbegrünung nach Maisanbau und Bodenlockerung, die 3-Schnittnutzung und die Entfernung der Phytomasse jeweils die besten Ergebnisse erzielten (Tab.1). Weitere hoch signifikante Einflussfaktoren waren die Wiederholung bzw. die Lokalisation der Parzelle (+++) und die Jahre (+++). Dieselben Einflussfaktoren wirkten auch signifikant im Hinblick auf die prozentualen Anteile zahlreicher einzelner Arten.

Tab. 1: Pflanzenarten (n) je Parzelle (12 m²) (= Alpha - Biodiversität) nach Versuchsfaktoren und Signifikanz der Differenzen, Gesamtmittel = 8,1

Ansaat-Variante +++	Selbstbegrünung 8,87 b	Vielartenmischung 7,58 a	Weidelgräser 7,84 a	
Schnitt-Häufigkeit +++	Ohne Schnitt 6,16 a	1 Schnitt 6,63 a	2 Schnitte 8,75 b	3 Schnitte 9,88 b
Verbleib der Phytomasse +++	Ohne Schnitt 6,16 a	Phytomasse gemulcht 7,66 b	Phytomasse entfernt 9,19 c	

Nach Kombination der Einflussfaktoren stehen sich als Extremvarianten einerseits die Selbstbegrünung mit 3-Schnitten und entfernter Phytomasse und andererseits die Vielartenmischung ohne Schnitt (freie Sukzession) gegenüber, wobei in der Bestvariante im Durchschnitt der Jahre 12,6 Arten auf 12 m² erreicht wurden. (Abb.2).

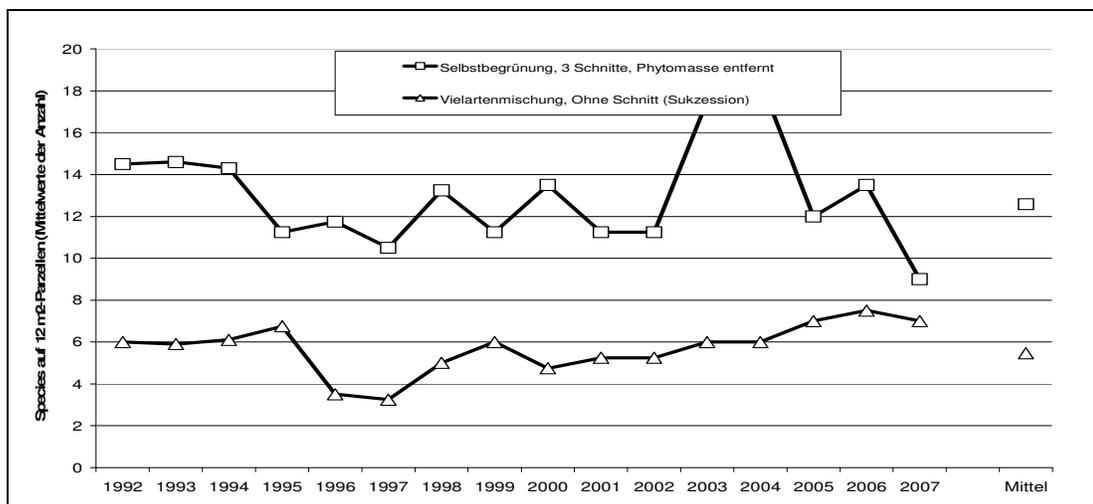


Abb. 2: Extremwerte der Alpha – Diversität nach Kombination der Faktoren

Die Zielarten des Naturschutzes werden aber nicht ausschließlich in dieser Bestvariante begünstigt, so dass Kompromisslösungen in Form von Nebeneinanderbetreiben mehrerer Nutzungsvarianten eine günstige Lösung des Problems bieten würden.

Am Beispiel eines günstigen Jahres kann gezeigt werden, dass durch Hinzufügen von weiteren Nutzungsvarianten je zusätzlicher Variante im Durchschnitt

mit einer Erhöhung der Biodiversität um 2,4 Pflanzenarten zu rechnen ist. (Abb.3).

Wenn eine enge Auswahl in Bezug auf die Erweiterung der Nutzungsvarianten getroffen werden muss, bietet sich theoretisch die Variante „Selbstbegrünung, 3 – Schnittnutzung, Phytomasse gemulcht“ mit 6 zusätzlichen Arten als zweite Variante an, die mit der Weidenutzung in etwa vergleichbar ist. Für die praktische Bewirtschaftung der Flächen bedeutet dieses Ergebnis aber, dass neben der bereits praktizierten Weidewirtschaft in der Kernzone des Nationalparks, auf denen bisher keine Nährstoffanreicherung nachweisbar ist (Bockholt, 2002), auch Aushagerungsvarianten mit Entfernung der Phytomasse im Interesse der Erreichung eines größeren Artenspektrums anzuraten sind.

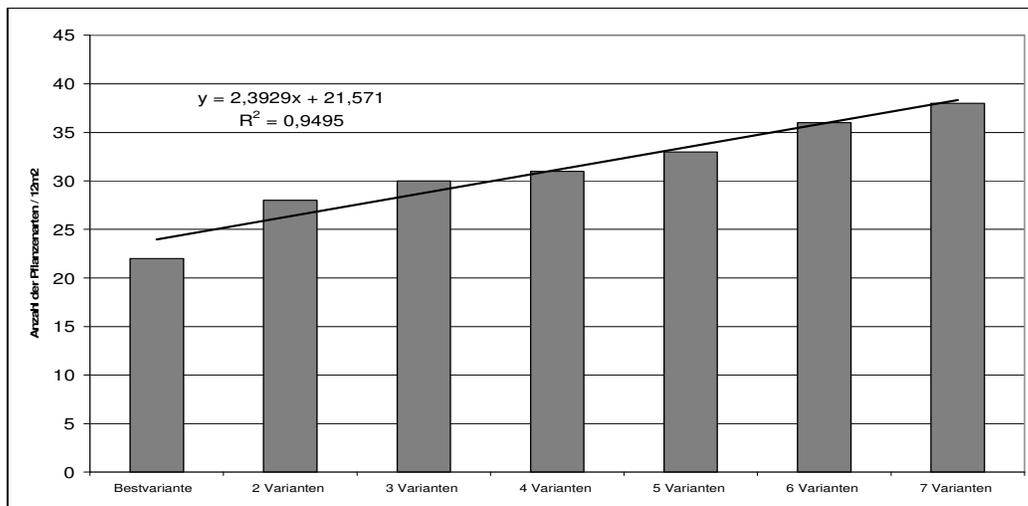


Abb. 3: Anstieg des Artenspektrums durch zusätzliche Varianten

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Durch Varianzanalysen und Duncan-Tests wurde ermittelt, dass sowohl alle 3 Versuchsfaktoren (Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Verbleib der Phytomasse) als auch 2 weitere (Lokalisation der Parzellen und Jahre) einen signifikanten Einfluss auf die Alpha-Biodiversität höherer Grünlandpflanzen haben. Die höchste Biodiversität wird in der Kombination von Selbstbegrünung mit 3 jährlichen Schnitten und mit der Entfernung der Phytomasse erreicht. Insgesamt ergibt sich eine gegenläufige Tendenz zum Nährstoffreichtum des Bodens. Das Mulchen ist auf Naturschutzflächen nicht zu empfehlen, da es zur Nährstoffanreicherung führt und die Biodiversität höherer Grünlandpflanzen negativ beeinflusst.

Literatur

ROTHMALER, W., 1995: Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen .- Jena, Stuttgart

BOCKHOLT, R., 2002: Gesamtauswertung eines 3-faktoriellen Langzeitversuches zur Renaturierung, Aushagerung und C-, N-, S-Fixierung in der Kernzone des Nationalparks VPBL Sundische Wiese - Forschungsbericht Universität Rostock an das Umweltministerium von Mecklenburg-Vorpommern

Schlüssel zur Natur

S. Kuchen, B. Stäheli

AGRIDEA, Eschikon 28, CH 8315 Lindau;
sonya.kuchen@agridea.ch, barbara.staeheli@agridea.ch

Was ist 'Schlüssel zur Natur'?

- Bauernfamilien bieten Gästen auf dem Bauernbetrieb interessante Rundgänge in naturnahen Lebensräumen an. Fauna und Flora werden in der Natur neu entdeckt.

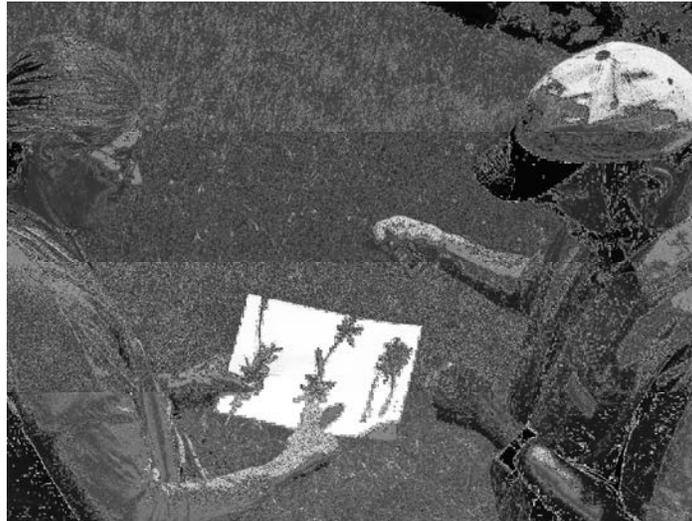


Abb. 1: Gäste auf dem Bauernbetrieb gestalten ein Kunstwerk aus einer artenreichen Wiese.

Wie erlangt man das Zertifikat 'Schlüssel zur Natur'?

- Bauernfamilien besuchen einen viertägigen Ausbildungsgang von AGRIDEA.
- Sie bewirtschaften ihre Betriebe nach den Bedingungen des ökologischen Leistungsnachweises oder nach anerkannten Richtlinien des biologischen Landbaus.

Was sind das Konzept und die Ziele des Ausbildungsgangs?

Konzept:

Der Ausbildungsgang basiert auf dem Wissen, dass Lernen und sich Verändern die Ergebnisse aus der Wechselwirkung zwischen emotionalen Erfahrungen und kognitiven Prozessen zwischen passivem Beobachten und aktivem Experimentieren (Kolb D.A., 1984) sind.

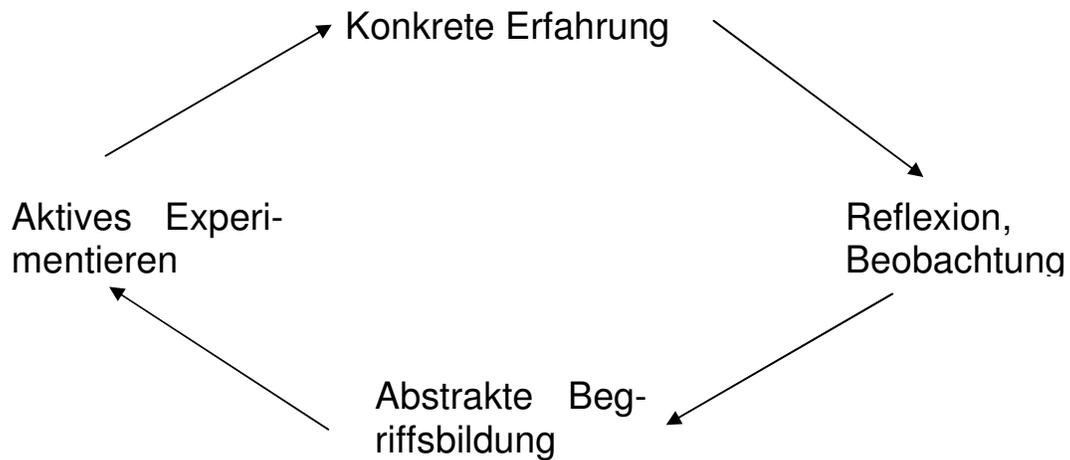


Abb. 2: Lernkreis nach Kolb (1984)

Ziele:

- Bauernfamilien vertiefen ihre Artenkenntnisse von Pflanzen und Tieren in verschiedenen naturnahen Lebensräumen und lernen Zusammenhänge sowie Abhängigkeiten zwischen den beiden kennen.



Abb. 3: Bauernfamilien verbessern ihre Kenntnisse zu Kleintieren, die in einem Holunderbusch leben

- Bauernfamilien eignen sich die methodischen Fähigkeiten an, unterhalt-same, lehrreiche und ansprechende Entdeckungsreisen zu führen und ihr biologisches Wissen spielerisch unter Einbezug aller Sinne weiterzu-vermitteln.



Abb. 4: Alle Sinne einbeziehen:
Zum Beispiel Haare auf Blättern erfühlen.

- Bauernfamilien verbessern die Bewirtschaftung ihrer naturnahen Lebens-räume in Bezug auf die Förderung der Biodiversität.

Wer profitiert vom Ausbildungsgang 'Schlüssel zur Natur'?

Bauernfamilien, ihre Gäste und die Natur profitieren:

- Bauernfamilien erweitern ihr Angebot im agro-touristischen Bereich.
- Gäste nehmen wahr, dass einen Landwirtschaftsbetrieb führen auch Na-tur schonen und schützen heisst.
- Die Natur profitiert dank besseren Kenntnissen der Bauernfamilien von einer angepassten Bewirtschaftung.

Literatur

KOLB D.A. (1984): *Experiential learning: Experience as the source of learning and de-velopment. New Jersey, Prentice Hall.*

Untersuchungen zum Oberflächengewässerschutz – Reduzierung des P-Austrags nach Starkniederschlägen durch ungedüngte Randstreifen bei hängigen Grünlandflächen

M. Diepolder, S. Raschbacher

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, D-85354 Freising, Email: michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Zielsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist bei Oberflächengewässern die Herbeiführung ihres guten chemischen und ökologischen Zustands. Sie lässt generell eine Verschlechterung der Wasserqualität nicht zu.

Bei dem mittlerweile abgeschlossenen INTERREG-III-A-Projekt „*Saubere Seen*“ bestand die Aufgabe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft darin, den Phosphoreintrag in den Einzugsgebieten zweier eutropher Stauseen in der Oberpfalz zu quantifizieren, Erkenntnisse über die Bedeutung einzelner Eintragspfade - speziell aus landwirtschaftlichen Nutzflächen - zu gewinnen und in die Praxis umsetzbare bzw. auch auf andere Gebiete übertragbare Optimierungsansätze zu erarbeiten. Auf zwei Projektschwerpunkte wurde bereits in den Mitteilungen der AGGF bzw. der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften eingegangen. Dort sind die Ergebnisse zum P-Austrag aus landwirtschaftlichen Nutzflächen (DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2007) und aus Drainagen unter Grünland bei unterschiedlicher Gülleapplikationstechnik (DIEPOLDER ET. AL., 2005) beschrieben.

Das nachfolgend dargestellte dritte Teilprojekt beschäftigt sich mit der Frage, ob bzw. inwieweit sich bei hängigen und an Oberflächengewässer angrenzende Grünlandflächen durch ungedüngte Randstreifen eine Minderung des P-Austrags erreichen lässt. Dies speziell bei Starkregeneignissen, welche kurz auf eine Güllendüngung folgen.

Material und Methoden

Drei Versuchsglieder wurden hinsichtlich ihres Abflussverhaltens und P-Austrages verglichen: Eine Kontrollvariante ohne Düngung (1) sowie bei zwei mit Gülle gedüngten Varianten eine solche ohne Randstreifen (2) und eine weitere, wo zwischen der begüllten Fläche und der Abflusserfassung ein 5 m breiter ungedüngter Randstreifen (3) lag. Das Versuchsprinzip und den Versuchsaufbau verdeutlicht Abbildung 1. Bei den Varianten 2 und 3 wurde die Gülle (ca. 25 m³/ha mit ca. 5,0 % TS) per Hand mit einer Gieskanne kurz vor der Beregnung ausgebracht. Damit wurden durchschnittlich ca. 10 kg Gesamt-P/ha (TP in Elementform) bzw. 23 kg P₂O₅/ha (Oxidform) gedüngt; etwa ein Viertel des TP lag als „löslicher“ - d. h. einen Mikrofilter passierbarer - Phosphor (DTP) vor. Anzumerken ist, dass auf dem Praxisschlag (ca. 3 ha mit 14 % Ge-

fälle) die drei Varianten nicht zu einem einzelnen Beregnungstermin zusammen geprüft wurden. Vielmehr wurde die Untersuchungsreihe folgendermaßen durchgeführt: Während der jeweils mehrere Tage dauernden „Versuchsperioden“ vom Frühjahr bis Herbst 2004 wurde zu den ortsüblichen Düngungsterminen (niedriger Grünlandbestand im Frühjahr bzw. kurz nach den Schnitten) pro Tag eine Variante durchgeführt. Die einzelnen Varianten waren auch nicht ortsgebunden, sondern wechselten über den Praxisschlag, womit eine räumlich-zeitliche Randomisierung erreicht wurde. Es wurden pro Versuchsglied während jeder Versuchsperiode in der Regel mehrere Wiederholungen durchgeführt. Die Versuchsanordnung erfolgte in der Weise, dass bei allen Varianten nicht nur die begüllte Fläche (25 x 4,5 m) sondern auch die beregnete Fläche (30 x 4,5 m) stets gleich war. Somit erklärt sich die in Abbildung 1 ersichtliche Ausgleichsfläche bei Variante 2. Dadurch sollte erreicht werden, dass das Wasser bei allen drei Varianten stets über die gleiche Flächengröße läuft. Mittels eines Leitblechsystems wurde das Wasser sowohl innerhalb der Versuchspartzele gehalten als auch die Ausbildung bevorzugter Fließwege entlang der Seitenleitbleche verhindert.

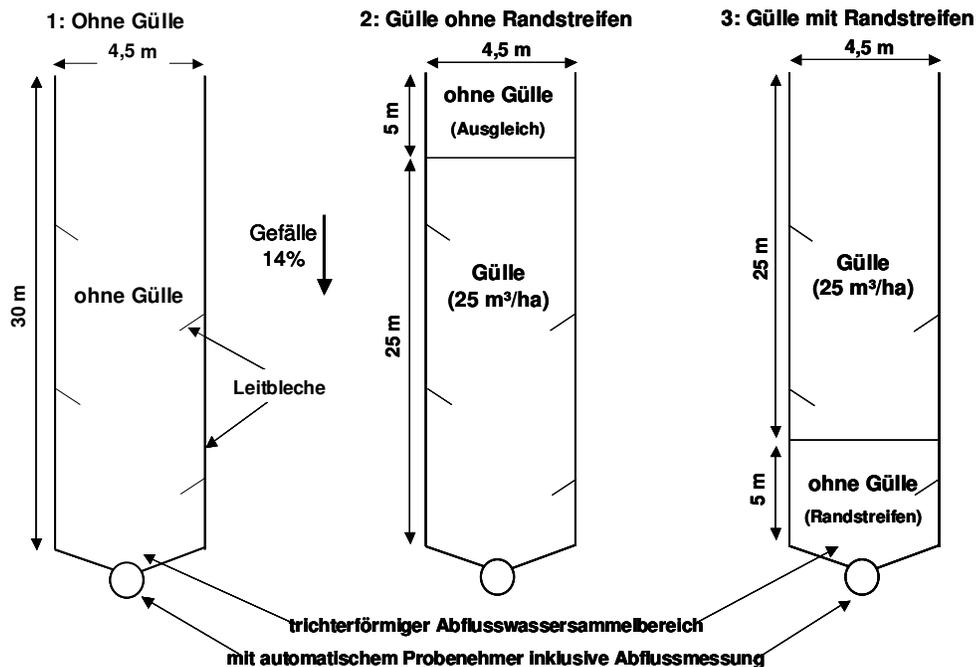


Abb. 1: Darstellung von Versuchsaufbau, Varianten und Abflussmessung

Mit einer Beregnungsanlage wurden künstlich Starkregenereignisse simuliert. Da während der einzelnen Versuchstage im Boden unterschiedliche Feuchteverhältnisse vorlagen, erwies es sich methodisch in Hinblick auf eine geeignete Auswertung am günstigsten, die Beregnung und Abflußmessung in folgender Weise durchzuführen: Es wurde solange beregnet, bis der Abfluss begann und die bis dahin ausgebrachte Wassermenge festgehalten. So konnten „einheitliche Ausgangsvoraussetzungen“ geschaffen werden. Dann wurde die Wasser-

menge stufenweise um je 5 l/m² erhöht. Pro Stufe wurde jeweils der entsprechende Abfluss aufgefangen, dann erst weiter berechnet. Dadurch erhielt man eine einheitliche Berechnungssteigerungsreihe (5, 10, 15, 20, 25, 30 l/m²) „nach Abflussbeginn“.

Die Erfassung des Wasserabflusses und die Probenahme erfolgten automatisch. Im aufgefangenen Wasser wurden die Konzentrationen an Gesamt-P (TP) und an „löslichem“, Phosphor (DTP) bestimmt. Dadurch konnten die dazugehörigen, auf einen Hektar bezogenen TP/DTP-Frachten errechnet werden.

Ergebnisse und Diskussion

Das wichtigste Resultat ist in Abbildung 2 dargestellt. Daraus geht deutlich hervor, dass bei Gülledüngung der (mittlere) P-Austrag von der Fläche bei Variante 2 (ohne Randstreifen) erheblich über dem von Variante 3 (mit 5 m-Randstreifen) lag. Dieser Unterschied war umso höher, je mehr nach Abflussbeginn berechnet wurde.

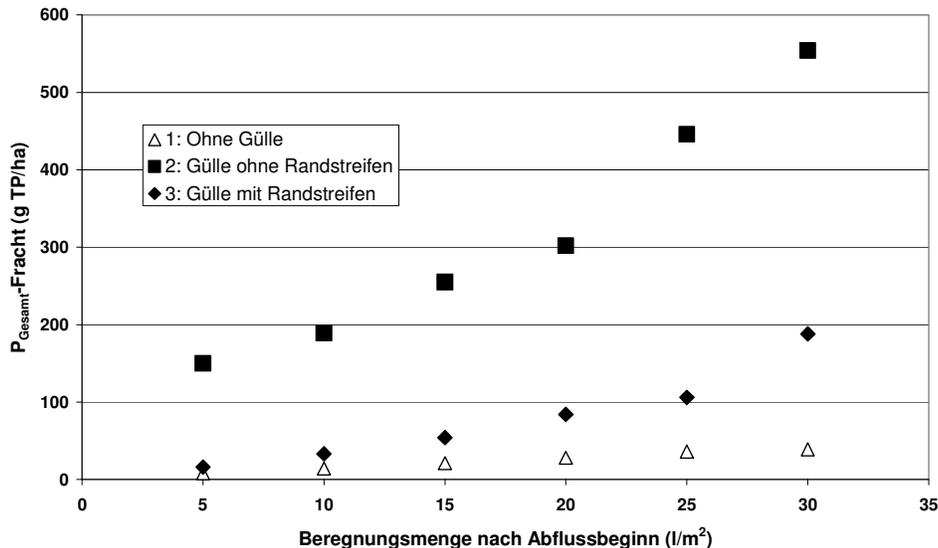


Abb. 2: Ø P-Fracht (TP) in Abhängigkeit von Variante und Berechnungsmenge

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass diese Unterschiede stets signifikant ($\alpha = 0.05$) waren. Sie zeigt ebenfalls, dass innerhalb der sechs Berechnungsstufen sich die Differenzen der mittleren P-Frachten zwischen den drei Varianten fast ausschließlich auf Unterschiede in der P-Konzentration zurückführen ließen und nicht auf unterschiedliche Wasserabläufe zwischen den Varianten. Dies kann auch als ein Indiz für die Güte der gewählten Versuchsdurchführung gelten. Erkennbar ist ferner, dass bei allen Varianten der überwiegende Teil der mit dem Wasser abgeflossenen P_{Gesamt}-Menge (TP) löslicher Phosphor (DTP) war.

Tab. 1: Mittlere Wasserabflüsse, P-Konzentrationen und P_{gesamt}-Frachten der drei Varianten bei unterschiedlichen Berechnungsmengen

Varianten		Berechnungsmenge nach Abflussbeginn (l/m ²)					
		5	10	15	20	25	30
Anzahl Messungen (n)	1: ohne Gülle	7	7	6	6	5	3
	2: Gülle ohne Rand.	12	13	12	13	8	7
	3: mit Randstreifen	10	10	9	10	8	8
Ø Abflussmenge (l/m ²)	1: ohne Gülle	1,3 ^{ab}	2,4 ^a	3,5 ^a	5,2 ^a	7,5 ^a	9,2 ^a
	2: Gülle ohne Rand.	1,9 ^a	2,9 ^a	4,3 ^a	5,9 ^a	7,8 ^a	10,1 ^a
	3: mit Randstreifen	0,8 ^b	1,8 ^a	3,0 ^a	4,7 ^a	6,1 ^a	9,3 ^a
Ø P _{Gesamt} - Konzentration (mg TP/l)	1: ohne Gülle	0,7 ^b	0,6 ^b	0,6 ^b	0,5 ^b	0,5 ^b	0,4 ^b
	2: Gülle ohne Rand.	6,6 ^a	5,7 ^a	5,3 ^a	4,7 ^a	5,3 ^a	5,1 ^a
	3: mit Randstreifen	1,6 ^b	1,6 ^b	1,6 ^b	1,7 ^b	1,6 ^b	1,8 ^b
Ø P _{Löslich} - Konzentration (mg DTP/l)	1: ohne Gülle	0,4 ^b	0,4 ^b	0,4 ^b	0,4 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b
	2: Gülle ohne Rand.	3,7 ^a	3,4 ^a	3,3 ^a	3,1 ^a	3,5 ^a	3,5 ^a
	3: mit Randstreifen	1,0 ^b	1,0 ^b	1,0 ^b	1,2 ^b	1,1 ^b	1,3 ^b
Ø P _{Gesamt} - Fracht (g TP/ha)	1: ohne Gülle	8 ^b	14 ^b	21 ^b	28 ^b	36 ^b	39 ^b
	2: Gülle ohne Rand.	150 ^a	189 ^a	255 ^a	302 ^a	446 ^a	554 ^a
	3: mit Randstreifen	16 ^b	33 ^b	54 ^b	84 ^b	106 ^b	188 ^b

Schlussfolgerungen

Bei hängigen Grünlandflächen können ungedüngte Randstreifen in Gewässernähe dazu beitragen, die P-Konzentration im abfließenden Wasser und damit den P-Austrag signifikant zu mindern. Dieser positive Effekt kommt umso mehr zum Tragen, je höher ein Starkregenereignis ausfällt.[^]

Literatur

- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2007): Untersuchungen zum P-Austrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau (AGGF) der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 8, 258-261.*
- DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S. & EBERTSEDER, TH. (2005): Versuchsergebnisse zum P-Austrag aus Drainagen unter Grünland bei Düngerapplikation unmittelbar vor einem Starkregenereignis. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 17, 134-135, Verlag Günter Heimbach, Stuttgart.*

Späte Schnittzeitpunkte von Extensivgrünland – eine Strategie zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Biofestbrennstoffe aus der Landschaftspflege?

B. Tonn, U. Thumm, W. Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), D-70593 Stuttgart,
Email: btonn@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Bei der Pflege spät geschnittener Grünlandbestände können die Aufwüchse in vielen Fällen nicht mehr in der Tierfütterung verwertet werden. Als Alternative kommt eine energetische Nutzung in Form der Verbrennung in Betracht, der aber unter anderem die vergleichsweise ungünstige Brennstoffzusammensetzung dieser Biomasse entgegensteht. Zu den möglichen Problemen zählen:

- NO_x-, SO₂- und HCl-Emissionen durch zu hohe N-, S- und Cl-Gehalte
- Korrosion der Feuerungsanlage durch zu hohe Cl-, K- und S-Gehalte
- Verschlackung der Feuerungsanlage durch zu hohe K- und zu niedrige Ca-Gehalte

Teilweise wird einschüriges Biotopgrünland zum Schutz der Fauna oder aus arbeitswirtschaftlichen Gründen erst im Herbst oder gar im Winter geschnitten, obwohl solche späten Schnittzeitpunkte für den Erhalt der Pflanzenbestandszusammensetzung in der Regel nicht optimal sind. Andererseits ist zu erwarten, dass zu diesen Schnittterminen eine erheblich bessere Brennstoffqualität erreicht wird. Miscanthus und Rohrglanzgras werden aus diesem Grund zur Gewinnung von Biobrennstoffen häufig erst im Frühjahr des Folgejahres geerntet (LEWANDOWSKI & HEINZ 2003, HADDERS & OLSON 1997).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es festzustellen, i) ob die Brennstoffqualität auch bei artenreichem Dauergrünland durch möglichst späte Schnitttermine verbessert wird, ii) ob eine ausreichend hohe Brennstoffqualität auch bei den für die jeweilige Grünlandgesellschaft optimalen Schnittzeitpunkten erreicht werden kann.

Material und Methoden

An sechs Versuchsstandorten (Tab. 1) wurde jeweils in der zweiten Dekade der Monate Juni, August, Oktober und Dezember 2007 sowie Februar 2008 der Erstaufwuchs geerntet. Bei den Versuchsstandorten handelt es sich um langjährig ungedüngtes Grünland (Ausnahme: Standort IV – gelegentliche Stallmistdüngung). An jedem Standort wurde eine randomisierte Blockanlage mit dem Versuchsfaktor Schnittzeitpunkt und vier Wiederholungen angelegt. Die Ernte jeweils eines Quadratmeters erfolgte mit einer Hand-Akkurasenschere. Die Gehalte an N, K, Ca, Cl und Asche wurden nach den Methoden des VDLUFA be-

stimmt. Zur statistischen Auswertung wurde eine Varianzanalyse mit der Prozedur "mixed" der Software SAS 9.1 durchgeführt. Das Modell beinhaltete Schnittzeitpunkt, Standort, die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Faktoren sowie den Block als feste Effekte. Der Mittelwertvergleich erfolgte über Berechnung der Least Significant Difference.

Tab. 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte

Nr.	Pflanzen- gesellschaft	Üblicher Schnittzeitpunkt	Standort ²	pH	K ₂ O ¹	P ₂ O ₅ ¹
I	Kalkmager- rasen	Okt./Nov.	48,72° N, 8,88 °O, 410 m ü. NN, 8 °C, 750 mm	7,4	18	1
II	Kalkmager- rasen	Okt./Nov	48,47 °N, 9,28 °O, 525 m ü. NN, 9 °C, 900 mm	7,3	20	1
III	Salbei-Glatt- haferwiese	Juni/Juli und Aug./Sept	48,74 °N, 9,00 °O, 435 m ü. NN, 7 °C, 700 mm	5,9	16	2
IV	Typische Glatt- haferwiese	Juni/Juli und Aug./Sept	48,47 °N, 9,28 °O, 520 m ü. NN, 9 °C, 900 mm	7,2	27	2
V	Kohldistel- Glatthaferwiese	Juni/Juli und Aug./Sept	48,74 °N, 9,00 °O, 430 m ü. NN, 7 °C, 700 mm	5,5	9	5
VI	Großseggen- ried	nicht geschnit- ten	48,74 °N, 9,01 °O, 435 m ü. NN, 7 °C, 700 mm	6,2	10	4

1: Pflanzenverfügbare Bodennährstoffgehalte (CAL) [mg/100 g]

2: Koordinaten, Höhenlage, mittlere Jahresdurchschnittstemperatur , mittlere Jahresniederschlagssumme

Ergebnisse und Diskussion

Bei den N-Gehalten kam es nur an drei Standorten zu Abnahmen um mehr als 5 mg/g im Versuchszeitraum (Abb. 1). Zwischen Dezember und Februar änderte sich der N-Gehalt an keinem Versuchsstandort, womit sich eine Frühjahrsernte als ungeeignet zur Optimierung dieses Parameters erweist. Zu allen Zeitpunkten lagen die N-Gehalte weit über dem von OBERNBERGER (1998) empfohlenen Grenzwert für unproblematische Verbrennung von 6 mg/g. Sie waren durchgängig auch deutlich höher als bei *Miscanthus* oder Getreidestroh.

Die Cl-Gehalte blieben ebenfalls von Juni bis Oktober überwiegend konstant bei zum Teil erheblichen Standortunterschieden. Biomasse von den Standorten I, II, III und V erreichte auch zu den ersten drei Schnittterminen Cl- Gehalte, die eine Verbrennung unter bestimmten Bedingungen erlauben würden. Innerhalb des für einen problemlosen Einsatz in Verbrennungsanlagen angestrebten Bereichs von maximal 1 mg/g Cl lag der Chlorgehalt bei den meisten Standorten jedoch erst ab Dezember. Der Anteil abgestorbener Biomasse, aus der Chlor wie auch Kalium leicht ausgewaschen werden, lag zu diesem Zeitpunkt zwischen 70 und 98 %.

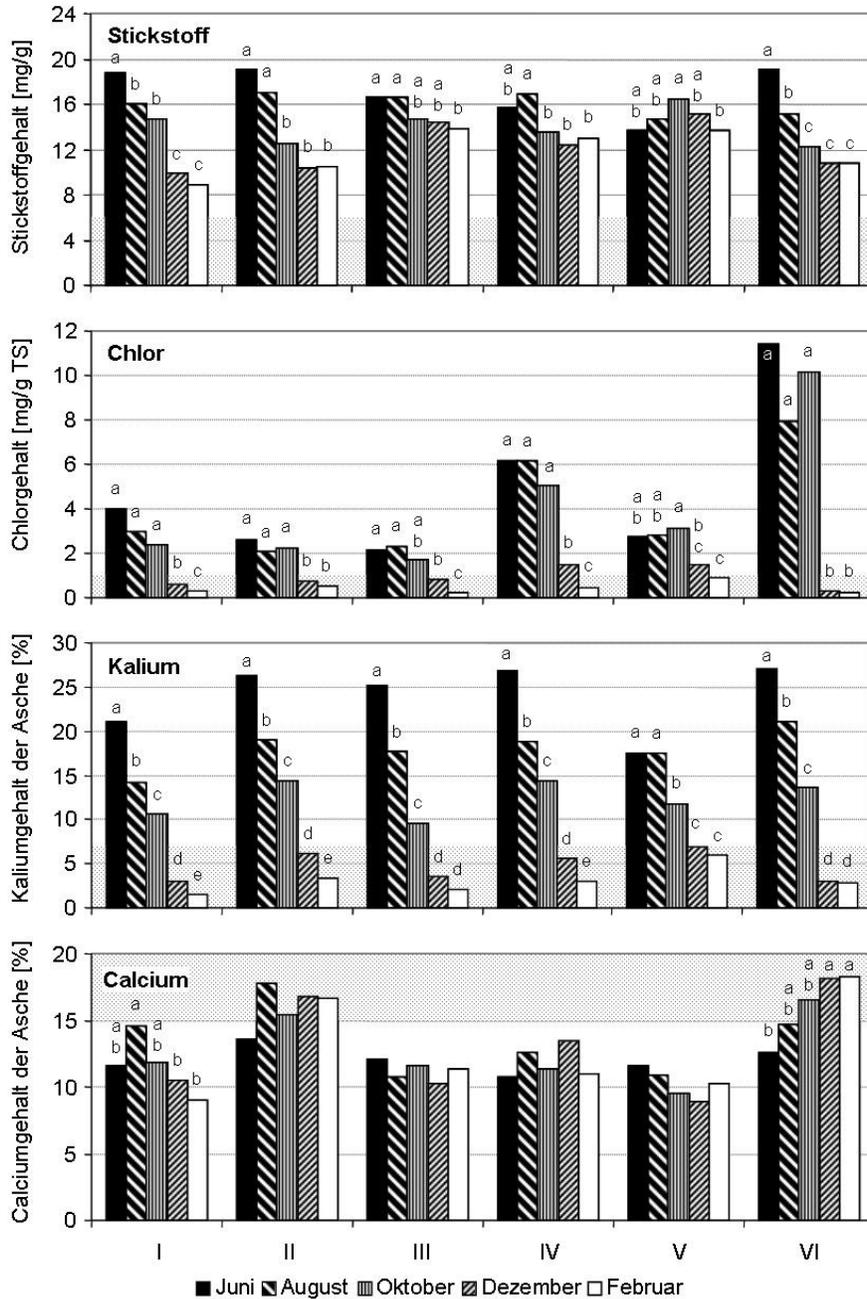


Abb. 1: N- und Cl-Gehalt der Biomasse sowie K- und Ca-Anteil der Asche, für Standorte I-VI (siehe Tab. 1) zu fünf Schnittzeitpunkten. Punktiertes Bereich entspricht der angestrebten Brennstoffqualität nach OBERNBERGER (1998). Signifikant verschiedene Mittelwerte ($P=0,05$) innerhalb eines Standorts sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

Der K-Gehalt der Asche nahm, bei relativ konstanten Aschegehalten der Trockensubstanz, über den gesamten Zeitraum kontinuierlich ab. Angestrebte Werte von maximal 7 % wurden auch hier erst ab Dezember erreicht.

Im Gegensatz zu den anderen Parametern blieb der Ca-Gehalt der Asche über die gesamte Zeit relativ konstant. An den Standorten II und VI wurde der angestrebte Gehalt von 15 % Ca in der Asche erreicht. Auch die übrigen Standorte wiesen für einen halmgutartige Biobrennstoffe verhältnismäßig hohe Ca-Gehalte der Asche auf.

Die Biomasseerträge blieben an fast allen Standorten von Juni bis Oktober weitgehend konstant (Abb. 2). Der Ertragsrückgang zu den Schnitterminen Dezember und Oktober war zum Teil sehr gering. Aufgrund starken Lagers wäre zu diesen Terminen bei Einsatz praxisüblicher Erntetechnik bei den Standorten II, IV und V jedoch mit deutlich höheren Verlusten zu rechnen.

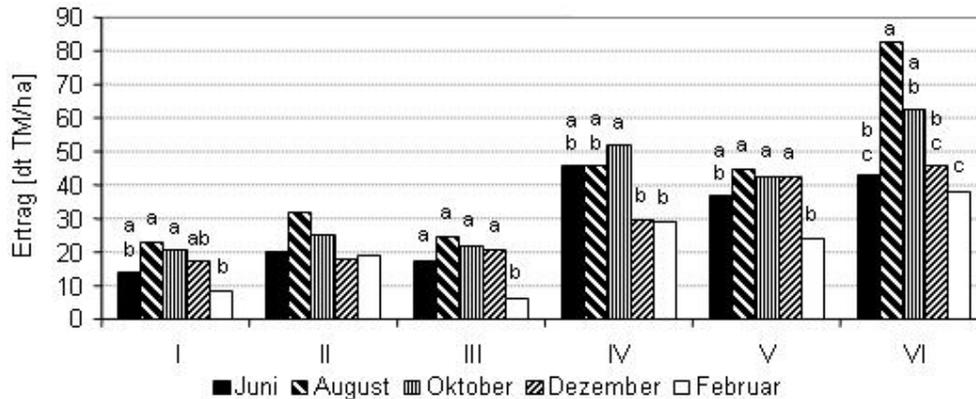


Abb. 2: Biomasseerträge der Standorte I-VI (siehe Tab. 1) zu fünf Schnitzeitpunkten. Signifikant verschiedene Mittelwerte ($P=0,05$) innerhalb eines Standorts sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet.

Schlussfolgerungen

Durch verspätete Schnitzeitpunkte im Dezember oder Februar konnten die K- und Cl-Gehalte der Biomasse bis in einen optimalen Bereich gesenkt werden. Für die anderen Parameter ergaben sich keine nennenswerten Verbesserungen. Es ist daher fraglich, ob die Qualitätsverbesserung die Ertragsverluste und naturschutzfachlichen Nachteile aufwiegt. Zwischen Juni und Oktober waren die Ertrags- und Qualitätsänderungen, mit Ausnahme der K-Gehalte der Asche, gering. Für eine Verbrennung in gängigen Halmgut-Feuerungsanlagen waren insbesondere die N- und K-Gehalte zu hoch.

Literatur

- HADDERS, G. und OLSSON, R. (1997): Harvest of grass for combustion in late summer and spring. *Biomass and Bioenergy* 12, 171-175.
- LEWANDOWSKI, I.; HEINZ, A. (2003): Delayed harvest of miscanthus – influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy* 19: 45-63.
- OBERNBERGER, I. (1998): Decentralized biomass combustion: State of the art and future development. *Biomass and Bioenergy* 14, 33-56.

Werte & Image der graslandbasierten Milchproduktion

M. Lobsiger¹, U. Wyss²

¹ Profi-Lait, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Tioleyre 4,
CH-1725 Posieux, Email: martin.lobsiger@alp.admin.ch

² Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Tioleyre 4, CH-1725 Posieux,

Einleitung

Aufgrund der aktuellen Entwicklungstendenzen auf den Weltmärkten und der politischen Rahmenbedingungen muss die Landwirtschaft Strategien entwickeln, wie die natürlichen Ressourcen am effizientesten zu nutzen und wie ihre Produkte am Markt abzusetzen sind. In Anbetracht des auch auf längere Sicht teureren Produktionsumfeldes in der Schweiz wird klar, dass es keine Erfolg versprechende Strategie sein kann, Massenware industriell zu produzieren, um auf den Märkten eine „Kostenführerschaft“ anzustreben. Für die Schweizer Milchproduzenten muss deshalb die Strategie „Qualitätsführerschaft“ heissen. D.h. sie müssen versuchen, ihre Milch und Milchprodukte als Qualitätsprodukte im oberen Preissegment abzusetzen.

Bedingt durch die klimatischen und topographischen Gegebenheiten ist die Schweiz ein charakteristisches, fruchtbares Grasland. Beinahe 80 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche besteht aus Dauergrünland, Kunstwiesen und dem Sömmerungsgebiet in den Bergen. Die effizienteste und nachhaltigste Nutzung dieser wertvollen Ressource ist die Veredelung mit Tieren, wobei die Produktion von „Milch aus Gras“ die eigentliche Kernkompetenz der Schweizer Landwirte darstellt. Flagship Produkte der Schweizer Landwirtschaft sind denn auch typischerweise Hart- und Halbhartkäse aus Rohmilch, wo die Grundfutterproduktion ein zentraler Erfolgsfaktor darstellt.

Global betrachtet ist die graslandbasierte Milchproduktion eine Rarität. WEISS (2007) schätzt, dass in Europa nur rund 10% der gesamten Milchmenge eine echte „Grasmilch“ ist. Als Voraussetzung für eine echte Grasmilch stellt Weiss eine Futterration der Milchkuh zur Diskussion, deren Grundfutteranteil zu 100% aus Gras besteht und wo max. 400 - 700 kg Kraftfutter pro Kuh und Jahr eingesetzt werden.

In der Schweiz stammt nach wie vor der grösste Teil der Milch aus grasbetonter Produktion. Bis heute ist es aber nur bedingt gelungen aufzuzeigen, ob und welche Vorzüge dieses Produktionssystem aufweist und welche Auswirkungen auf Umwelt, Natur, Tier und Mensch und letztlich auch auf das Produkt und dessen Qualität zu erwarten sind. Den Konsumenten sind die damit verbundenen Zusammenhänge zwischen der Art der Produktion und dem Produkt weitgehend unbekannt. Diese Lücke soll geschlossen werden, damit die Wertschätzung gegenüber der einheimischen Produktion verbessert werden kann und die Produkte mit einem Mehrwert am Markt abgesetzt werden können.

Die Aktion „Werte & Image der graslandbasierten Milchproduktion“

Die unter dem Dach von Profi-Lait vereinten Institutionen aus Forschung, Beratung und Praxis lancieren mit „Werte & Image der graslandbasierten Milchproduktion“ (Werte & Image) eine Aktion zur Identifikation und Kommunikation der besonderen Werte der für die Schweiz typischen, auf Grasland basierenden Milchproduktion. Im Rahmen verschiedener Veranstaltungen werden aktuelle, wissenschaftliche Erkenntnisse zu den marktfähigen, und nicht marktfähigen Gütern dieser Art der Milchproduktion zusammengefasst und deren Potenzial für eine Inwertsetzung am Markt ausgelotet. Auch mögliche negative Effekte sollen dabei zur Sprache kommen, damit ein offener und konstruktiver Dialog unter allen Partnern der Wertschöpfungskette Milch stattfinden kann. Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll in einer Schlussphase ein wissenschaftliches Argumentarium erstellt werden, welches als Grundlage für Kommunikation- und Marketingmassnahmen dienen kann.

Vorläufig sind drei Veranstaltungen geplant, von denen zwei bereits stattgefunden haben:

- a) öffentliches Kolloquium am Institut für Umweltentscheidungen IED der ETH Zürich von Januar-März 2007, Thema: „Identifikation nicht marktfähiger Güter der raufutterbetonten Milchproduktion“,
- b) Wissenschaftstagung an der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, in Posieux am 11. November 2007, Thema: „Der besondere Wert graslandbasierter Milch“,
- c) Seminar/Kurs organisiert durch die Beratungszentrale AGRIDEA Lausanne im Herbst 2008, Themenkreis: „Konsumtrends und Konsumentenerwartungen, Marktpotenzial von Produkten mit einem swissness-Faktor“ unter besonderer Berücksichtigung der graslandbasierten Milchprodukte.

Identifikation nicht marktfähiger Güter der raufutterbetonten Milchproduktion

In der ersten Veranstaltung im Rahmen der Aktion „Werte & Image“ standen die sogenannten „added values“ der graslandbasierten Milchproduktion im Zentrum. Hierbei handelt es sich um Zusatzwerte zum eigentlichen Produkt (Milch/Käse/...) welche für die Gesellschaft und die Umwelt von Bedeutung sind, die aber am Markt nicht direkt verkauft werden können. Deshalb bezeichnet man sie als „nicht marktfähige Güter der Milchproduktion“. Zu den am Kolloquium identifizierten „added values“ gehören u.a. Effekte auf

- die Umwelt
- die Biodiversität
- das Tierwohl
- das Landschaftsbild
- die Entwicklung des ländlichen Raumes.

In 13 Referaten im Rahmen des Kolloquiums hat sich gezeigt, dass die Milchproduktion in der Schweiz ein hohes Potenzial an „added values“ aufweist, wie zum Beispiel hohe Standards bezüglich Tierschutz, Förderung der Biodiversität

durch spezifische Direktzahlungsmassnahmen, positiver Einfluss der Bewirtschaftung der Grünlandgebiete auf das Landschaftsbild, insbesondere in touristisch sensiblen Gebieten. In einigen Gebieten sind aber auch negative Entwicklungstendenzen festzustellen, beispielsweise dort wo die Landwirtschaft zu stark intensiviert wird oder aber umgekehrt, wo in nicht mehr rentabel zu bewirtschaftenden Gebieten die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben wird. Dort geraten „added values“ wie die Biodiversität oder das Landschaftsbild zunehmend unter Druck.

Die Rolle der Tierhaltung in der Klimadebatte war ein weiteres Thema des Kolloquiums. Die Zusammenhänge zwischen Umweltwirkungen und Haltungsform, Fütterungssystem und Tierzahl wurden von Kreuzer (2007) beschrieben. Sie sind sehr komplex und Lösungen erst in Ansätzen vorhanden. Es ist zu erwarten, dass die Landwirtschaft im Allgemeinen und die Tierproduktion im Speziellen in Zukunft vermehrt als Treibhausgasemittenten ins Kreuzfeuer der Kritik geraten werden und sie sich deshalb bereits heute auf diese Debatte einstellen sollte.

Der besondere Wert graslandbasierter Milch

In der zweiten Veranstaltung der Aktion „Werte & Image“ wurden die besonderen Qualitätseigenschaften der „Milch aus Gras“ beleuchtet. An der Wissenschaftstagung „Der besondere Wert graslandbasierter Milch“ (STOLL *et al.*, 2007) am 8.11.2007 an der ALP in Posieux/CH stand insbesondere die Fettsäurezusammensetzung der Milch im Fokus. Diese unterscheidet sich in entscheidender Weise von der auf Mais- und Kraftfutter basierenden Milch. Bekannt sind die erhöhten Omega-3- und CLA-Fettsäuren-Gehalte sowie das verbesserte Verhältnis von Omega-3- zu Omega-6-Fettsäuren in der „Milch aus Gras“. Diese Unterschiede sind für den Menschen aus ernährungsphysiologischer Sicht grundsätzlich positiv zu bewerten. Ob jedoch das Ausmass der gefundenen Unterschiede bei einem durchschnittlichen Konsum von Milch und Milchprodukten ausreicht, um auch einen messbaren Gesundheits- resp. Präventionseffekt zu erzielen, konnte gemäss einem Referat von STEHLE (2007) aus wissenschaftlicher Sicht noch nicht nachgewiesen werden. Deshalb muss beim heutigen Stand des Wissens von der Vermarktung einer „Milch aus Gras“ alleine mit diesen Argumenten abgeraten werden – auch wenn im Ausland (Milch-)Produkte bereits mit dem Attribut „reich an Omega-3-Fettsäuren“ beworben werden.

Konsumtrends und Konsumentenerwartungen

Im dritten Teil der Aktion „Werte & Image“ soll im Herbst 2008 auf die Aspekte Marktpotenzial der Milch(produkte) aus graslandbasierter Produktion, auf die Vermarktung und auf Konsumentenerwartungen eingegangen werden. Verschiedene Untersuchungen und Befragungen zeigen auf, dass ein beachtlicher Teil der Konsumenten bereit ist, einheimische Produkte ausländischen vorzuziehen, auch wenn der Preis für Schweizer Produkte höher ist. Im Rahmen eines Seminars soll nun ausgelotet werden, welche aktuellen Ernährungs- und Konsumtrends den gefundenen Werten der „Milch aus Gras“ entsprechen und ob und wie das Kaufverhalten der Kunden und die Marktsituation im In- und

Ausland genutzt werden könnte, um mehr Schweizer Milchprodukte zum bestmöglichen Preis zu verkaufen.

Vorläufiges Fazit

Als vorläufiges Fazit der Aktion „Werte & Image“ kann festgehalten werden:

- Die Schweiz hat beste Voraussetzungen, um mit einer graslandbasierten Milchproduktion einzigartige Produkte herzustellen, die im internationalen Umfeld massgebliche Wettbewerbsvorteile aufweisen. Die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind deshalb so zu gestalten, dass sie diese Art der Milchproduktion unterstützen.
- Die auf Grünland basierende Milchproduktion weist viele positive Werte auf und viele dieser Argumente sprechen die Konsumenten auch an. Damit die Argumente jedoch auch mittel- und langfristig Bestand haben, muss negativen Entwicklungstendenzen rechtzeitig entgegengewirkt werden.
- Die Inwertsetzung von positiven Eigenschaften der „Milch aus Gras“ am Markt erfordert eine verstärkte Kommunikation. Dabei ist es jedoch nicht sinnvoll, sich auf einen einzelnen Aspekt als Verkaufsargument abzustützen. Vielmehr sollte im Rahmen einer ganzheitlichen Kommunikation versucht werden, die Vielfalt der verschiedenen Vorteile der graslandbasierten Milchproduktion gemeinsam zu betonen und auf die Auswirkungen der Produktionsmethode auf das Produkt, die Umwelt und die Gesellschaft hinzuweisen. Nur dadurch kann sichergestellt werden, dass die Konsumenten – entsprechend den sich immer mehr diversifizierenden Konsum-, Ernährungs- und Lifestyle-Trends – auf ihr bevorzugtes Argument treffen und dass sie sich angesprochen fühlen. Als Beispiel dieser Art der Produktkommunikation kann die sich im Aufschwung befindende „Slow-Food“-Bewegung gelten.
- Damit der Mehrwert der Milch aus Gras aber bei den Landwirten, den Verarbeitern und dem Handel sowie beim Konsumenten gleichermaßen in einen Mehrnutzen mündet, ist eine forcierte Zusammenarbeit aller Wertschöpfungsstufen eine unabdingbare Voraussetzung.

Literatur

- KREUZER M. (2007): Emissionsmindernde Tierernährung - Optionen für eine raufutterbetonte Milcherzeugung. Vortragsunterlagen unter www.profi-lait.ch.
- STEHLE P. (2007): Ernährungsphysiologischer Wert von Fettsäuren in der Humanernährung. In: Stoll W., Frioud E., Lobsiger M. (ed.): Der besondere Wert graslandbasierter Milch. Tagungsband, www.alp.admin.ch. 57-65.
- STOLL, W., FRILOUD, E., UND LOBSIGER, M. (2007): Der besondere Wert graslandbasierter Milch. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux, 8. November 2007: Tagungsband. Agroscope Liebefeld-Posieux, Posieux. 1-130.
- WEISS D. (2007): Milch aus Gras - Milch mit Mehrwert für Verbraucher und Bauern. In: Stoll W., Frioud E., Lobsiger M. (ed.): Der besondere Wert graslandbasierter Milch. Tagungsband, www.alp.admin.ch. 57-65.

Beeinflussung der Wasserqualität in einem kleinen Einzugsgebiet des Nordostdeutschen Tieflandes

P. Kahle, B. Tiemeyer, L. Dittmann, C. Rommel, E. Schulze, B. Lennartz

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät; Universitätsplatz 1
D-18055 Rostock, Email: lisa.dittmann@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

35 % der Standgewässer, 88 % der Fließgewässer und 84 % der Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern weisen aufgrund von Strukturdefiziten und erhöhten Nährstoffkonzentrationen keinen „guten Zustand“ nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) auf (LUNG M-V, 2005). Zur Evaluierung der Dränung als Pfad diffuser Stoffeinträge in Fließgewässer werden im intensiv landwirtschaftlich genutzten Tiefland Nordostdeutschlands seit mehreren Jahren in einem hierarchischen Messprogramm Daten zur Wasserquantität und Wasserqualität erhoben. Die höchste Maßstabsebene stellt dabei das Einzugsgebiet der Zarnow (16 km²), eines Nebenflusses der Warnow, dar (TIEMEYER et al. 2007, KAHLE et al. 2008). Die vorliegende Untersuchung zielt darauf ab, über räumlich hoch aufgelöste Probenahme und eine nähere Charakterisierung des Einzugsgebietes hinsichtlich Landnutzung, Boden sowie Drän- und Wehrmanagement ein besseres Verständnis der Konzentrationsdynamik im Gewässernetz zu erlangen.

Material und Methoden

Das Einzugsgebiet der Zarnow (16 km²), gelegen in der Flussgebietseinheit Warnow/Peene, ist gekennzeichnet durch pleistozäne und holozäne Substrate. Die sich darauf entwickelten mineralischen Böden befinden sich nahezu ausschließlich in Ackernutzung, während auf den organischen Böden zumeist Grünland und Forst vorherrschen. Die Bodennutzung ist charakterisiert durch hohe Intensität und Entwässerungsmaßnahmen über Rohrdränung und Gräben. Das Einzugsgebiet der Zarnow wurde im Rahmen dieser Untersuchung in 11 Teileinzugsgebiete (TEZG) unterteilt (Abb. 1). Das Messprogramm beinhaltete die wöchentliche Entnahme von Wasserproben während der hydrologischen Winterhalbjahre 2006/07 und 2007/08 sowie die Erfassung der Konzentrationen an NO₃⁻ und PO₄³⁻ (2006/07) mittels Fotometer (Hach DR/800 Series Colorimeter) und 2007/08 zusätzlich an Cl⁻, NO₃⁻ und SO₄²⁻ mittels Ionenchromatographie. Die Stoffkonzentrationsdaten wurden mit den Teileinzugsgebietscharakteristika bezüglich Landnutzung, Boden und Dränung multivariat verknüpft und in einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Im Einzugsgebiet der Zarnow dominiert mit 75 % landwirtschaftliche Nutzung (Abb. 1). Ackernutzung erfolgt laut Mittelmaßstabiger landwirtschaftlicher

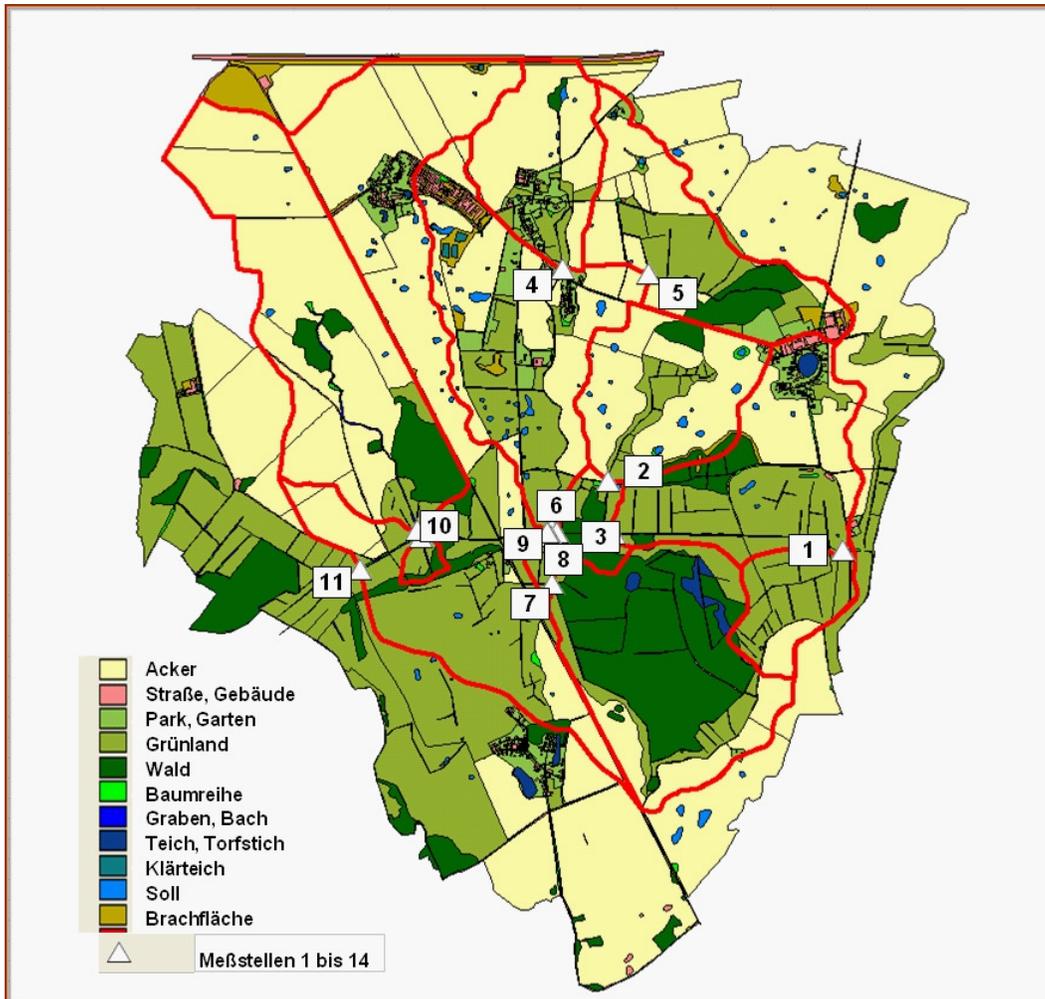


Abb.1: Landnutzung, Teileinzugsgebiete und Messstellen im Untersuchungsraum

Standortkartierung (MMK) vorrangig auf den Standortregionaltypen der stau-nässe- und/oder grundwasserbestimmten Lehme und Tieflehme, während die Grünlandnutzung nahezu ausschließlich den Mooren vorbehalten ist. Die Konzentrationsmuster an NO_3 und PO_4 belegen eine hohe räumliche und zeitliche Dynamik sowie stoffspezifische Reaktionen auf Niederschlag und Abfluss. Die Gräben der ackerbaulich genutzten TEZG weisen mit einem Maximum von $86,3 \text{ mg l}^{-1}$ die höchsten NO_3 -Konzentrationen auf und zeigen damit hohe Gewässerbelastungen an. Im Vergleich dazu liefern die Gräben im Bereich der organogenen Böden deutlich geringere Konzentrationen ($\text{max}=20,9 \text{ mg l}^{-1}$). Es konnte gezeigt werden, dass zunehmende Ackerflächenanteile (AF) mit erhöhten NO_3 -Konzentrationen einhergehen (Abflussperiode 2006/07). Zudem wurden nach Niederschlagsereignissen erhöhte NO_3 -Konzentrationen festgestellt. Ein Verdünnungseffekt kann somit selbst im niederschlagsreichen Winter 2006/07 ($P = 383 \text{ mm}$) nicht festgestellt werden. In Tab. 1 wird dieses Ergebnis durch Anordnung der Stationen nach dem AF-Anteil und der Messtage nach der 7-tägigen Niederschlagssumme deutlich sichtbar. Ein hoher Dränflächenanteil (TEZG 2, 5, 6, 10) wirkt sich außerdem entscheidend auf die dort erhöhten NO_3 Konzentrationen aus.

Tab. 1 Der Raum-Zeitbezug der NO₃-Konzentrationen in mg pro Liter

Winter 2006/07	Acker	Stationen geordnet nach AF-Anteil										
		80%	71%	69%	52%	49%	38%	24%	18%	17%	0%	0%
DATUM geordnet nach NdschlSumme	N7 days mm	9	4	1	6	11	7	5	8	3	2	10
23.01.2007	69.7	86.3	54.5	51.2	50.8	45.7	24.8	1.4	25.0	10.9	11.2	36.5
26.02.2007	33.6	78.5	31.6	21.8	40.0	38.7	10.0	3.6	14.5	4.7	5.3	3.4
05.03.2007	28.8	83.4	36.2	41.9	45.3	27.4	12.4	0.0	13.8	6.2	7.9	23.4
03.01.2007	28.4	58.4	14.3	10.3	28.0	23.8	5.7	2.1	6.3	0.0	0.9	
27.03.2007	23.9	66.3	27.0	24.5	38.9	17.4	9.4	4.6	3.6	4.2	0.0	13.2
06.11.2006	23.7	25.6	1.7	9.7	0.0	4.9	5.4	7.8	0.0	6.7	2.6	
20.11.2006	22.6	24.6	12.0	8.4	22.6	38.8	7.9	11.3	0.0	0.3	3.0	
16.01.2007	20.6	62.8	34.6	24.4	26.6	36.7	13.8	0.0	17.5	0.7	0.3	31.7
11.12.2006	17.1	37.2	12.1	5.9	10.4	4.1	7.4	0.6	0.0	1.8	0.0	
09.01.2007	16.4	57.9	27.4	25.1	27.6	23.6	6.4	0.0	17.0	5.4	0.0	22.3
19.02.2007	12.1	66.5	39.3	21.9	38.9	45.7	3.3	0.0	13.0	7.8	0.0	31.8
12.02.2007	10.7	51.6	30.7	22.7	31.5	32.5	13.7	2.2	12.0	2.7	3.6	9.3
18.12.2006	9.7	33.7	18.3	10.8	6.0	19.8	8.5	0.0	0.0	0.6	0.0	
29.01.2007	9.5	72.7	51.0	36.1	54.6	40.1	9.0	0.0	18.9	6.4	15.6	4.6
05.02.2007	8.0	66.3	28.1	28.2	45.1	33.1	3.0	2.5	11.0	6.8	16.8	28.5
28.11.2006	5.3	40.9	24.3	3.7	8.1	22.6	17.3	2.6	6.2	0.8	7.2	
06.12.2006	4.7	31.6	11.5	3.3	8.5	6.8	13.0	5.5	6.3	6.1	2.5	
13.03.2007	3.7	58.5	27.2	23.7	26.5	29.4	5.8	0.5	0.0	2.2	20.9	1.1
16.04.2007	0.4	38.2	3.9	2.9	16.7	11.0	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	
02.04.2007	0.0	58.1	5.2	17.0	24.1	18.2	6.4	0.0	0.2	0.1	3.0	
Gesamtmittel	17.4	55.0	24.5	19.7	27.5	26.0	9.2	2.2	8.3	4.1	5.0	18.7

Die höchsten und eine starke Gewässerbelastung anzeigenden PO₄-Konzentrationen (max. 2,32 mg l⁻¹) kamen in Teileinzugsgebieten mit hohem Moor- bzw. Siedlungsflächenanteil vor, allerdings war der Zusammenhang zur Landnutzung weniger deutlich als beim Nitrat.

Bei dem multivariaten Untersuchungsansatz (Abb. 2 und 3) im hydrologischen Winterhalbjahr 2007/08 ordnen sich hohe Konzentrationen von NO₃⁻ und Cl⁻ einem hohen AF-Anteil und einem geringen GL-Anteil als waagerechte Achse (Component 1) zu. Die Variation der wöchentlichen Messungen jeweils einer Station kommt durch die Lage und Gestalt der Ellipsen zum Ausdruck. Auf der Basis der Korrelationsmatrix erklären die drei Hauptkomponenten mit Eigenwerten > 1 65,4 % der Varianz aller Werte.

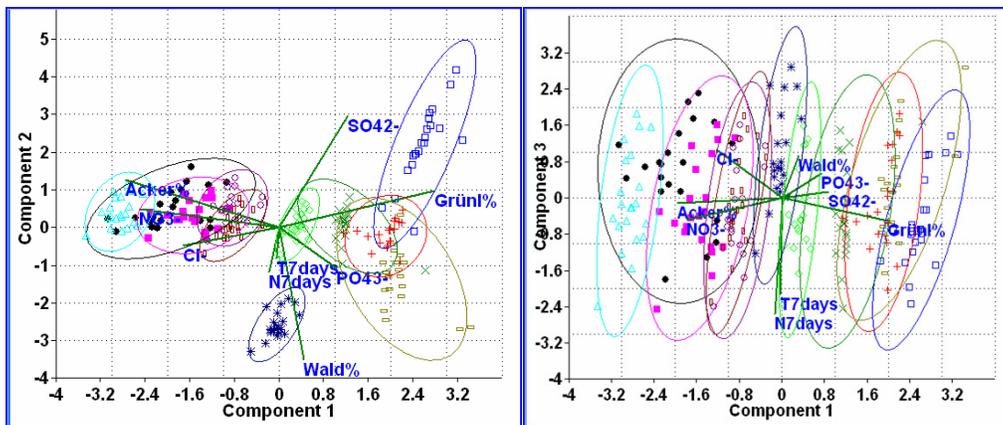


Abb. 2: PCA-Scatterplot mit Ergebnissen des Winters 2007/08

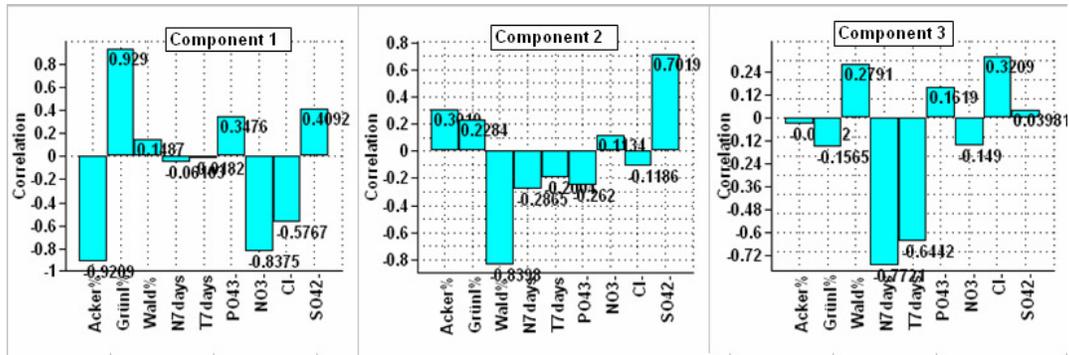


Abb. 3 Korrelationen der Variablen mit den drei Hauptkomponenten (zu Abb.2)

Hauptkomponente drei ist mit den beiden Witterungsvariablen (7-Tage Temperaturmittel und 7-Tage Niederschlagssumme) stark korreliert. Hohe Niederschlagsmengen lassen keinen Verdünnungseffekt bei NO_3^- erwarten, eventuell einen geringen bei Cl^- .

Schlussfolgerungen

Vorliegende Untersuchungen belegen eine deutliche räumliche und zeitliche Variabilität der Stoffkonzentrationen sowie Abhängigkeiten von Landnutzung und vom Substratcharakter der Böden. Im Rahmen der WRRL abzuleitende Maßnahmen zur Reduzierung diffuser Stoffeinträge sollten sich auf Nitrat sowie ackerbaulich genutzte, künstlich entwässerte Standorte konzentrieren.

Die Phosphatkonzentrationen und -austräge sind bedingt durch fehlende punktförmige Quellen vergleichsweise gering und agronomisch nicht relevant.

Die Untersuchungen in diesem „typischen“ Tieflandeinzugsgebiet liefern Grundlagen für weiterführende Fragestellungen (Wehrregulierung, Bodennutzungssysteme).

Literatur

- LUNG M-V (HRSG.) (2005): Bestandsaufnahme 2004 nach Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Warnow/Peene.
- KAHLE, P.; TIEMEYER, B.; EICHLER-LÖBERMANN, B.; LENNARTZ, B. (2008): Phosphoraustrag aus einem landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet des nordostdeutschen Tieflandes. *Wasserwirtschaft* 5, 10-15.
- SCHMIDT, R. DIEMANN, R. (1981): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung, Forschungs-zentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Eberswalde.
- TIEMEYER, B.; FRINGS, J.; KAHLE, P., KÖHNE, S.; LENNARTZ, B.: A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and groundwater concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – Implications for re-wetting. *J. Hydrology* 345 (2007) 1-2, 80-101.

Kontrolle auf unerwünschte Stoffe in Grünfuttermitteln - ein Statusbericht aus Bayern -

K. Schwertl-Banzhaf und M. Felsner

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit,
Sachgebiet Futtermittel, Veterinärstr. 2, D-85764 Oberschleißheim
Email: katja.schwertl-banzhaf@lgl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Die Qualität und Sicherheit von Futtermitteln sind grundlegende Voraussetzungen für die Erzeugung sicherer Lebensmittel. Im Rahmen der amtlichen Futtermittelkontrolle wird eine Vielzahl an Futtermitteln auf sogenannte unerwünschte Stoffe untersucht. Dazu gehören anorganische und organische Schadstoffe wie z.B. Schwermetalle und Dioxine. Diese Stoffe sind aufgrund ihres Gefährdungspotentials für die Tiergesundheit zu beachten. Aus Sicht des Verbraucherschutzes ist ein mögliches Carry-over in tierische Lebensmittel und das damit verbundene potentielle Risiko für den Menschen von hoher Relevanz.

Vor diesem Hintergrund werden in Bayern im Rahmen der amtlichen Futtermittelkontrolle jährlich etwa 120 Grünfuttermittel (frisch und konserviert) auf eine Belastung mit unerwünschten Stoffen geprüft. Dazu zählen unter anderem Untersuchungen auf Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Quecksilber (Hg). Geogene oder anthropogene Quellen können Ursprung für eine Belastung von Grünfuttermitteln mit den genannten Elementen sein (LARCHER 2001), wobei deren Eintragswege in Futtermittel vielfältig sein können. Neben einer direkten Aufnahme durch die Pflanze stellen bei Grünfuttermitteln insbesondere oberflächliche Kontaminationen mit Staub oder erdige Verunreinigungen wichtige Eintragspfade für Belastungen dar (ÜBERSCHÄR 2006).

Einen weiteren Untersuchungsschwerpunkt bildet die Prüfung auf Dioxinbelastungen in Grünfuttermitteln aus Trocknungsanlagen wie Grünmehl- oder Grascobs. Dioxine sind Nebenprodukte thermischer Prozesse und zählen aufgrund ihrer kanzerogenen Wirkung zu den für Mensch und Tier stark toxischen Substanzen. Der Mensch nimmt Dioxine überwiegend über tierische Lebensmittel auf, deren Kontamination wiederum in engem Zusammenhang mit einer Dioxinbelastung der eingesetzten Futtermittel steht (SCAN 2000).

Der Beitrag gibt einen Überblick über das Vorkommen dieser unerwünschten Stoffe in verschiedenen Grünfuttermitteln aus Bayern vor dem Hintergrund gesetzlicher Höchstgehalte. Die Daten fließen regelmäßig in Risikobeurteilungen zur Futtermittelsicherheit ein und tragen somit dazu bei, die Bedeutung einzelner Kontaminanten und deren Eintragspfade in die Nahrungskette einzuschätzen.

Material und Methoden

Die untersuchten Proben stammen aus der amtlichen bayerischen Futtermittelüberwachung und wurden in den Jahren 2003 bis 2007 bei Herstellern (insbesondere Landwirte und Trocknungsbetriebe) und im Handel entnommen. Die Probenahme erfolgte dabei nach den Vorgaben der amtlichen Probenahme- und Analyseverordnung.

Nach Druckaufschluss wurde die Bestimmung von As mittels Hydrid-AAS, von Pb und Cd mittels Kaltdampf-, von Hg mittels Graphitrohr-AAS durchgeführt. Die Dioxin-Bestimmung erfolgte nach den Vorgaben der Richtlinie 2002/70/EG mittels hochauflösender Massenspektrometrie (HRMS) in Kombination mit hochauflösender Gaschromatographie (HRGC). Unter Dioxinen (PCDD/F) ist die Summe aus polychlorierten Dibenzoparadioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF), ausgedrückt in Toxizitätsäquivalenten (WHO-TEQ), zu verstehen. Die TEQ berücksichtigen neben den Gehalten auch die Toxizität der einzelnen Substanzen. Bestimmt werden insgesamt 17 Kongenere mit hoher toxikologischer Relevanz, die als charakteristisch für eine Anreicherung der Dioxine angesehen werden (SCAN 2000).

Die Beurteilung aller Ergebnisse erfolgt auf Basis derzeit gültiger Höchstgehalte gemäß Anlage 5 der Futtermittelverordnung. Daher beziehen sich alle hier dargestellten Ergebnisse auf 88% Trockenmasse.

Ergebnisse und Diskussion

Die gesetzlichen Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in Futtermitteln dienen der Vermeidung relevanter Eintragsmengen und potentieller Gesundheitsgefährdungen und bilden für die amtliche Kontrolle ein grundlegendes Bewertungskriterium. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Gehalte an As, Pb, Cd und Hg in den drei Gruppen *Grünfutter (Gras- und Kleegrasaufwüchse)*, *Silagen (Gras- und Maissilage)* und *Cobs (Grün-/Luzernemehlcobs sowie Grascobs)*. Aus Gründen der Anschaulichkeit wurde eine gleichmäßige Aufteilung ausgehend von der jeweiligen Bestimmungsgrenze als untere Klassengrenze gewählt. Mit Ausnahme von Pb entspricht zudem die oberste Klassengrenze dem jeweils gültigen Höchstgehalt (*, vgl. Abb.1). Es ist festzustellen, dass unabhängig von Futtermittelgruppe und Schadstoff Überschreitungen der Höchstgehalte nur in Einzelfällen vorliegen. Der größte Teil der Werte liegt in Bereichen, die den jeweiligen Höchstgehalt um mehr als die Hälfte unterschreiten. Bei Blei liegen ausnahmslos alle Werte deutlich unterhalb des Höchstgehaltes von 30 mg/kg TS. Die in Einzelfällen aufgetretenen Überschreitungen bei As, Cd und Hg beruhen meist auf anlassbezogenen Probeentnahmen (z.B. Altlaststandorte), die einen entsprechenden Belastungshintergrund aufweisen. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass es insbesondere bei direkten Trocknungsverfahren zu einem Eintrag von Schwermetallen aus den eingesetzten fossilen Energieträgern (Kohle, Heizöl) in die Trocknungsprodukte kommen kann (ÜBERSCHÄR 2006). Die vorliegenden Ergebnisse können diese Beobachtung bestätigen: die Mediane der As- bzw. Pb-Gehalte der *Cobs* (0,38 bzw. 0,83 mg/kg) weisen gegenüber *Grünfutter* (As 0,04 bzw. Pb 0,06 mg/kg) und *Silage* (0,02 bzw. 0,09 mg/kg) höhere Werte auf. Da allerdings nur begrenzt Informationen zu den einzelnen Futtermitteln bzw. Trocknungsverfahren vorlie-

gen, können keine direkten Zusammenhänge aufgezeigt werden. Hierzu ist die systematische Erfassung entsprechender Informationen bei künftigen Probenahmen auch mit Hilfe neuer EDV-Systeme zu verbessern.

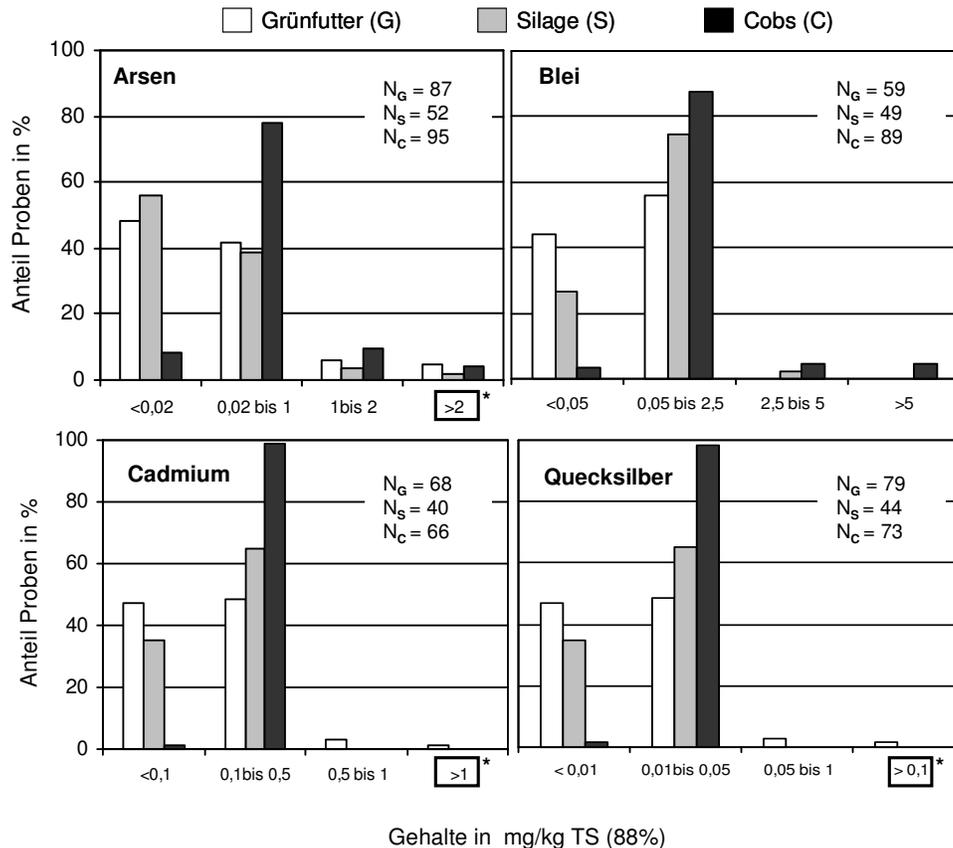


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der As-, Cd-, Pb- und Hg- Gehalte in Grünfutter (G), Silage (S) und Cobs (C)

Bei diesen technischen Trocknungsverfahren kann es nicht nur zum Eintrag von Schwermetallen kommen. Schadstoffe wie Dioxine werden erst im Zuge des Trocknungsverfahrens (z. B. Durchströmen mit Rauchgasen) gebildet (ÜBERSCHÄR 2006). In das europäische Schnellwarnsystem für Futtermittel wurden in den Jahren 2002 und 2003 mehrfach, in den Folgejahren bis 2007 vereinzelt, Meldungen von Überschreitungen des Dioxinhöchstgehaltes (0,75 ng WHO-TEQ/kg TS) in verschiedenen Grünfüttercobs eingestellt. Dioxinen reichern sich in tierischen Lebensmitteln (u. a. fettreiche Gewebe) an oder werden auch über diese (Milch, Eier) ausgeschieden. Damit können dioxinbelastete Grünfüttermittel zur entsprechenden Exposition des Menschen beitragen. Die gezielte Untersuchung von Produkten aus Grünfütter Trocknungsanlagen bildet daher EU-weit einen Untersuchungsschwerpunkt. Auch in Bayern wurden 2003 bis 2007 219 entsprechende Futtermittel aus Trocknungsanlagen untersucht (vgl. Abb. 2). Zur Untersuchung kamen hier Grünmehlpellets und –cobs, Grascobs und Maiscobs. Lediglich der Dioxingehalt einer Probe aus dem Jahr 2003 überschreitet mit 1,03 ng WHO-TEQ/kg TS den derzeit gültigen Höchstgehalt. Der größte Teil der Proben (94 %) weist Dioxingehalte unterhalb

von 0,25 ng WHO-TEQ /kg TS auf, diese liegen also deutlich unterhalb des geltenden Höchstgehaltes.

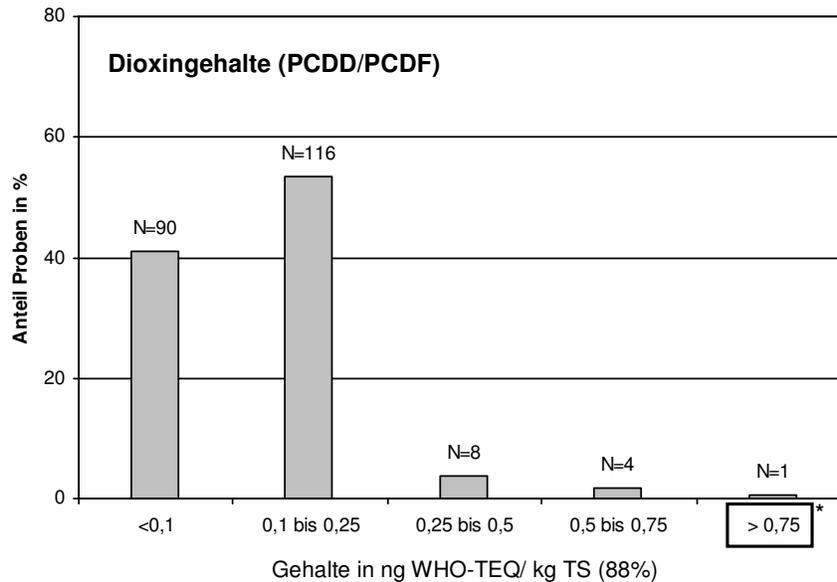


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Dioxingehalte (PCDD/PCDF) in Grünfuttercobs

Schlussfolgerungen

Offenbar ist der Eintrag der Elemente As, Pb, Cd und Hg oder der Dioxine durch Grünfuttermittel in die Nahrungsmittelkette - gemessen an der gültigen Höchstgehalten und unter Berücksichtigung der bayerischen Ergebnisse - nur gering. Ausnahmen bilden hier nur anlassbezogene Einzelfälle (z.B. Proben von Altlastflächen), die weiterhin gezielt verfolgt werden müssen. Unter der Voraussetzung, dass weiterhin alle notwendigen Maßnahmen bei der Erzeugung und Behandlung von Grünfuttermitteln beachtet werden, können auch künftig die Einträge der beschriebenen Schadstoffe in die Nahrungsmittelkette auf einem niedrigen Niveau gehalten werden. Die amtliche Futtermittelkontrolle wird durch entsprechende Schwerpunktuntersuchungen weiterhin potentiellen Belastungen mit diesen Schadstoffen nachgehen.

Literatur

LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. 6. Auflage, Ulmer-Verlag, Stuttgart.

SCAN (2000): Dioxincontamination of feedingstuffs and their contribution to the contamination of food of animal origin. Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition, EU-Com., Brussels 06/10/2000:105p.

ÜBERSCHÄR, K.-H. (2006): Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber-Vorkommen und Bedeutung der Elemente/Vermeidung, Reinigung, Dekontamination, Schlussfolgerungen und Literatur. In: Flachowsky, G. (Hrsg.): Möglichkeiten der Dekontamination von „Unerwünschten Stoffen nach Anlage 5 der Futtermittelverordnung, *Landbau-forschung Völknerode*. Sonderheft 294, 10-44.

Wasserverbrauch und Stoffaustrag landschaftstypischer Ansaaten für Flussauen

A. Behrendt¹, G. Schalitz¹, R. Meißner² und L. Müller³

¹ Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg, Forschungsstation Paulinenaue, Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg, Email: gschalitz@zalf.de

² Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle

³ Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg
Institut für Bodenlandschaftsforschung

Einleitung und Problemstellung

In Flussauen mit lehmigen bis tonigen Bodensubstraten bilden sich charakteristische Grünlandbestände heraus, die an diese Bodenbedingungen aber auch ein bestimmtes Wasserregime einschließlich zeitweiser Überflutung angepasst sind. Bei Neuetablierungen und Nachsaaten sind verschiedene Variationen möglich, die einmal zu einer größeren Biodiversität führen und zum anderen eine Vielfalt bzw. Staffelung der Nutzung erlauben. Folgenden Fragestellungen ist nachgegangen worden:

- Welchen Wasserverbrauch haben standortgerechte Grünlandansaaten für Mäh- und Weidenutzung in Flussauen?
- Wie stellt sich die ökologische Belastungssituation in den Wassereinzugsgebieten dar (Stoffausträge gras- und leguminösen betonter Pflanzenbestände)?

Zur Erhöhung der Sicherheit der Aussagen dieser Grundlagenuntersuchungen wurden zwei Versuchsserien angelegt (2000-2004 und 2005-2008).

Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden in der Grundwasserlysimeteranlage Paulinenaue statt. Eine ausführliche Funktionsbeschreibung der Lysimeter findet sich bei SCHALITZ (2005). In diese Anlage wurden Bodenmonolithe von 15 verschiedenen Bodenformen aus ganz Nordostdeutschland eingebaut. Die Lysimeter des hier vorgestellten Versuchs enthielten die Bodenformen Decksalm vom Standort Kietz (Havelland) und Schlufflehm-Vega aus der Elbaue nahe Wittenberg. Beim Grundwasserstand wurde ein optimales Regime um 60 cm eingehalten. Nach Graslandvorfrucht kamen in beiden Versuchsserien folgende Varianten zur Ansaat (Prüfglieder*):

1. Wiesenfuchsschwanz (40 %), Wiesenrispe (20 %), Wiesenschwingel (20 %), Vogelwicke (10 %), Schwedenklee (10 %)
2. Deutsches Weidelgras (70 %), Weißklee (15 %), Spitzwegerich (15 %)
3. Wiesenlieschgras (70 %), Weißes Straußgras (30 %)

4. Deutsches Weidelgras (50 %), Wiesenlieschgras (20 %), Wiesenrispe (10 %), Wiesenschweidel (20 %)

*Anteile in der Saadmischung berechnet nach KLAPP (1971).

Die Düngung erfolgte in Anpassung an die Nährstoffversorgung des Bodens bzw. den vertretbaren Pflanzenbedarf.

Düngung kg·ha ⁻¹		ohne Leguminosen	mit Leguminosen
	N	240 (3 Gaben)	60 (1 Gabe)
	P	40	40
	K	120	120

Alle Kenngrößen des Wasserhaushalts wurden auf der Basis des hydrologischen Jahres (1.10. bis 30.9.) berechnet.

Diskussion der Ergebnisse und Folgerungen

Botanische Zusammensetzung

Nach den Frühjahrsansaat in beiden Versuchsserien war es zunächst gelungen, im wesentlichen die gewünschte Bestandeszusammensetzung zu erreichen. Nach Abschluss der ersten Versuchsserie ergab sich folgendes Bild (Tab. 1).

Tab. 1: Botanische Zusammensetzung zum Ende der ersten Versuchsserie am 05.08.2004

Art	Ertragsanteil (%)			
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4
Wiesenfuchsschwanz	75			
Spitzwegerich	5	5	5	+
Schafgarbe	15	35	50	+
Echter Löwenzahn	3	5	3	+
Kanadisches Berufskraut	1	4	+	+
Herbstlöwenzahn	+	3	4	+
Kleiner Sauerampfer	+	2	5	
Vogelmiere	+		1	
Wiesenschwingel	+			
Deutsches Weidelgras		20		80
Weißklee		5		
Glatthafer		20	1	
Rotschwingel		+		
Wiesenlieschgras			25	6
Weißes Straußgras			5	
Wiesenrispe	+			3
Wiesenschweidel				10

Die in den Auen häufig anzutreffende Fuchsschwanzwiese von Vogelwicke durchrankt, war im Lysimeter nicht reproduzierbar. Der Wiesenfuchsschwanz erwies sich aber als äußerst standortstabil (SCHALITZ, CZYZ, NIEDZWIECKI AND PROTASOWICKI, 2002). Der Grundwasserstand von 60 cm scheint allerdings auf schweren Aueböden in Trockenperioden für das Gräserwachstum nicht voll ausreichend, worauf der hohe Kräuteranteil mit geringeren Wasseransprüchen hinweist. Die kapillare Nachlieferung fällt im Sommer stark ab, wodurch auf Auegrasland oft Quecke und Kräuter begünstigt werden, d.h. ein starker As-

pektwechsel zum sommerlichen Aufwuchs eintritt. Eine Zwischenauswertung der 2. Versuchsserie ergab folgendes Ergebnis (Tab. 2).

Tab. 2: Botanische Zusammensetzung in der 2. Versuchsserie am 07.05.2008

Art	Ertragsanteil (%)			
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4
Wiesenfuchsschwanz	80			
Wiesenrispe	10	1	22	15
Wiesenschwingel	5			
Schwedenklee	3			
Echter Löwenzahn	2	+	+	1
Deutsches Weidelgras		85	10	62
Weißklee		3		+
Spitzwegerich		7		
Wiesenpipau		1		
Rotschwingel		1		
Glatthafer		2		
Wiesenlieschgras			63	10
Weißes Straußgras			5	
Wiesenschweidel				12

Die etablierten Gräser hatten sich in der 2. Versuchsserie besser gehalten, wofür offensichtlich die höheren Niederschläge insbesondere 2007 verantwortlich sind.

Abfluss ins Grundwasser und ausgetragene Stofffrachten

Abflüsse bzw. Durchflüsse ins Grundwasser finden im Grünland hauptsächlich in den Winterperioden statt. Sie sind für die Grundwasserneubildung und Filtration des Wassers unentbehrlich (SCHALITZ, BEHRENDT UND HÖLZEL, 2003). Normalerweise fallen die damit ausgewaschenen Stoffmengen kaum ins Gewicht, wie an den Frachten für $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P und K abzulesen ist (Tab. 3).

Tab. 3: Abfluss ins Grundwassermund Stofffrachten in der Summe der Jahre 2000-2004

Variante	E Abfluss ins Grundwasser mm	Fracht $\text{NH}_4\text{-N}$ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Fracht $\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Fracht P $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Fracht K $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Fracht Ca $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$
1	1337	1 678,19	995,87	5,85	25 902,1	840 916,1
2	1089	733,53	479,69	14,74	25 850,4	699 014,9
3	1109	1 044,24	543,96	0,00	22 682,2	681 483,5
4	1028	538,41	493,94	6,86	25 874,7	575 489,3
Korrelationskoeffizienten						
	Abfluss-Fracht $\text{NH}_4\text{-N}$ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Abfluss-Fracht $\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Abfluss-Fracht P $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Abfluss-Fracht K $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	Abfluss-Fracht Ca $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	
1	0,56	0,46	(-0,20)	0,87	0,86	
2	0,46	0,56	(-0,29)	0,85	0,92	
3	0,58	0,67	-	0,92	0,97	
4	0,38	0,68	(-0,20)	0,83		

Auch in den Ansaatjahren (Frühjahrsansaat) gab es keine erhöhten Frachten. Die zusätzliche N-Düngung zu den Grasvarianten 3 und 4 hat keine gravieren-

den Erhöhungen bewirkt. Die hohe Ca-Auswaschung ist typisch für die hydromorphen Böden Nordostdeutschlands, da sie in der Regel über hohe Ca-Vorräte verfügen. Anhand der Korrelationskoeffizienten ist ablesbar, dass die Abflussmenge maßgeblich den Stoffaustrag bestimmt. Die Beziehung ist bei N schwächer ausgeprägt, bei K und Ca deutlich stärker. Gleiche Tendenzen zeichnen sich im 2. Versuchszyklus ab. Es sei darauf hingewiesen, dass die gefundenen Werte für einen Grundwasserstand von 60 cm zutreffen. Bei tieferen Grundwasserständen kommen in der Regel deutlich geringere Frachten an bzw. erfolgt der Eintrag ins Grundwasser dann weniger kontinuierlich sondern schubweise in Abhängigkeit von der Intensität der Niederschlagsereignisse.

Ertrag, Gesamtwasserverbrauch und spezifischer Wasserverbrauch

Im Ertrag schnitt die auf Wiesenfuchsschwanz orientierte Variante am schlechtesten ab, was aber nicht auf die Qualität zutrifft (s. Tab. 1 u. 2). Dem steht der niedrigste Gesamtwasserverbrauch gegenüber. Die N-Düngung bewirkte deutliche Ertragssteigerungen, wenn die gewünschte Bestandeszusammensetzung weitgehend erhalten blieb (s. 2. Versuchszyklus). Durch angemessene N-Düngung konnte die Wasserverwertung deutlich verbessert werden (Tab. 4).

Tab. 4: Ertrag, Gesamtwasserverbrauch und spezifischer Wasserverbrauch

Variante	2000 – 2004		
	0 TM-Ertrag g·m ²	0 Gesamtwasserverbrauch mm	0 l H ₂ O/kg TM
1	562,2	333,0	892,2
2	709,3	440,2	757,7
3	763,1	398,6	536,8
4	881,1	378,4	412,1
	2005 – 2007		
1	887,4	467,9	559,5
2	1 010,8	527,9	560,5
3	1579,2	587,9	372,2
4	1 477,5	497,2	393,8

Wenn sich der Anteil der Leguminosen in den Varianten 1 und 2 weiter erhöht, ist davon auszugehen, dass durch N-Abgabe an die Gräser die Wassereffizienz noch verbessert wird. Bei Betrachtung der Gesamtheit von Ertrag, botanischer Zusammensetzung, Gesamtwasserverbrauch und spezifischem Wasserverbrauch ist keine Variante eindeutig zu favorisieren. Das Auegrünland sollte vielgestaltig, effektiv im Ressourcenverbrauch und produktiv im Rahmen einer differenzierten und gestaffelten Nutzung erhalten und ggf. weiter entwickelt werden.

Literatur

Zitierte Literatur liegt beim Autor vor.

Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen – Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein

A.K. Miehe, A. Herrmann*, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität, Inst. für Pflanzenbau u. –züchtung, Grünland u. Futterbau/Ökologischer Landbau, *aherrmann@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Die Klimaschutz- und Energiepolitik auf nationaler wie internationaler Ebene hat zu einer starken Zunahme des Anbaus nachwachsender Rohstoffe geführt, mit einer potentiellen Flächenkonkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Die Energieeffizienz stellt daher eine wichtige Determinante der Bioenergieproduktion dar. Bundesweit dominiert wird der Energiepflanzenanbau durch Raps für Biodiesel/Pflanzenöl (ca. 1,12 Mio ha in 2007), gefolgt vom Substratanbau für die Biogasproduktion (400.000 ha in 2007), welche in den letzten Jahren auch aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Energieeffizienz eine starke Ausdehnung erfahren hat (ca. 3700 Anlagen in 2007). Die weitaus größte Bedeutung in der Substratbereitstellung kommt hierbei dem Silomais zu (ca. 240.000 ha in 2007). Wurde die Entwicklung der Biogasproduktion zunächst durchweg positiv eingeschätzt, sind in letzter Zeit zunehmend kritische Stimmen hinsichtlich der Umweltverträglichkeit eines ausgedehnten Substratanbaus zu vernehmen (SRU, 2007). Dies betrifft auch die Verwertung der Gärreste, die ein hochwertiges Düngemittel darstellen, aber in Regionen mit hoher Anlagendichte u.U. nicht mehr effizient verwertet werden können. Das Ziel der hier vorgestellten Untersuchung war (i) den Status quo der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein in Bezug auf die Substratanbauflächen und Gärrestverwertung zu erfassen und (ii) im Hinblick auf potentielle Umwelteffekte zu bewerten.

Material und Methoden

Die Untersuchung basiert auf einer Befragung von 59 Biogasanlagenbetreibern (Anbaujahr 2006). Es wird angenommen, dass die erfassten Anlagen die Gesamtheit des Anlagenbestandes (110 Ende 2006, 140 Mai 2007) sowohl bezüglich der räumlichen Verteilung als auch des Substratanbaus, des pflanzenbaulichen Managements und der Gärrestverwertung repräsentativ widerspiegeln.

Ergebnisse und Diskussion

Die Biogasproduktion in Deutschland ist charakterisiert durch eine erhebliche räumliche Variation mit hohen Anlagendichten in nordwestlichen und südlichen Regionen. Gleichermäßen ist in Schleswig-Holstein eine heterogene Anlagenverteilung festzustellen mit „hot spots“ der Biogasproduktion im nördlichen Lan-

desteil auf leichten, sandigen Standorten der Geest (70% der befragten Futterbaubetriebe bzw. 49% der Ackerbaubetriebe in den Kreisen Nordfriesland und Schleswig-Flensburg), deren Grundwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie als gefährdet eingestuft sind.

Bezogen auf alle erfassten Anlagen ergab sich eine durchschnittliche Größe von 506 kW_{el.} (15-1.700 kW_{el.}) und eine Gesamtleistung von knapp 30.000 kW_{el.}. Was den Substrateinsatz betrifft, belegt das Monitoring, dass 77% der Anlagen Kofermentation betreiben. Dies ist für die Reduktion der Treibhausgasemissionen aus der Güllelagerung und -ausbringung positiv zu bewerten. Der Gülleeinsatz (2-60 t kW_{el.}⁻¹ Jahr⁻¹) zeigte tendenziell eine Abnahme mit steigender Anlagengröße ebenso wie die Substratanbaufläche (0,42 ha kW_{el.}⁻¹ für Anlagen > 500 kW_{el.}, 0.48 ha kW_{el.}⁻¹ für Anlagen < 200 kW_{el.}). Damit wurden in dem der Befragung zugrunde liegenden Anbaujahr 2006 von den 59 Anlagen ca. 12.500 ha Substratanbaufläche genutzt. Die Ergebnisse des Monitorings dokumentieren eindrücklich eine Dominanz des Silomais. Während alle befragten Anlagen Mais einsetzen, spielen Druschgetreide (25% der Anlagen), Getreide-Ganzpflanzen (5%) oder Grünland (14%) eine untergeordnete Rolle; die entsprechenden Anbauflächen sind Abbildung 1 zu entnehmen. Die Bedeutung von Getreide wird vermutlich, aufgrund der seit 2006 gestiegenen Preise, noch weiter abgenommen haben. Der Einsatz von Grassilage war in der Regel auf die dritten bis fünften Schnitte beschränkt. Nur drei Betriebe bauten konkret Ackergras in der Fruchtfolge zur Biogasgewinnung an. Rechnet man die erhobenen Daten auf das Anbaujahr 2007 hoch, so ist von einer Substratanbaufläche von ca. 30.600 ha (ca. 29.000 ha Mais = 4,8% der Ackerfläche) auszugehen, die Gesamt-Maisanbaufläche betrug 125.274 ha (ca. 20% der AF). Der Anbau von Silomais zur Biogasproduktion verdrängte anteilig vor allem Raps aus der Fruchtfolge, gefolgt von Wintergetreidearten. Der Umbruch von Grünland bzw. die Zurückdrängung des Zuckerrübenanbaus war von geringerer Bedeutung. Die Ergebnisse sind insofern überraschend, da bereits vorliegende Untersuchungen aus anderen Regionen Deutschlands einen deutlich höheren Getreide- und Grünlandanteil dokumentieren.

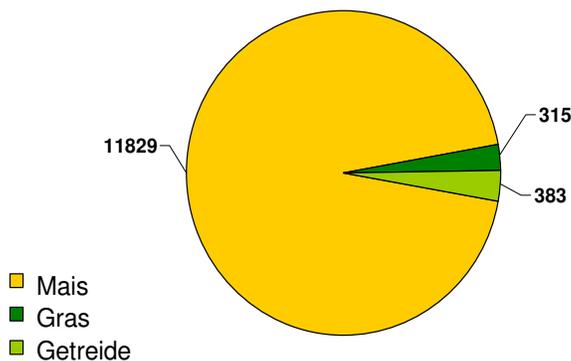


Abb. 1: Substratanbau (ha) der befragten Biogasanlagen (n=56), differenziert nach Kulturarten.

Durch die Ausdehnung des Maisanbaus für die Biogasproduktion nimmt auch der Anteil des Maises zu, der in Monokultur steht. Von 45 konventionell bewirtschafteten Betrieben mit Biogasanlage wiesen 23 Betriebe keinen oder einen so geringen Getreideanteil auf, dass eine konkrete Fruchtfolge nicht zu realisieren war. Diese Entwicklung ist nicht nur im

Hinblick auf die Biodiversität, sondern auch für den Humushaushalt kritisch zu beurteilen. So konnten VERTÈS et al. (2005) eine enge Beziehung zwischen

dem Mais-Anteil von Gras-Mais-Fruchtfolgen und dem Verlust der organischen Bodenmasse dokumentieren. Grünlandaufwüchse werden jedoch von vielen Anlagenbetreibern aus Kostengründen und aufgrund technischer Probleme als Substrat abgelehnt.

Die Menge der während der Fermentation entstehenden Gärreste wies eine große Variation zwischen den Betrieben auf. Mit zunehmender Anlagengröße nahm der Gärrestanfall je kW_{el} signifikant ab - im Mittel entstehen 20 m^3 Gärrest pro kW_{el} und Jahr, bezogen auf die Substratanbaufläche bzw. auf die gesamte Betriebsfläche sind durchschnittliche Gärrestmengen von 56 m^3 bzw. 37 m^3 pro ha zu erwarten. Die Variation der Gärrestmengen und deren Inhaltsstoffe bedingen u.a. auch die große Streuung des Nährstoffaufkommens (Abb. 2). Ein nicht unerheblicher Anteil der Betriebe, insbesondere Futterbaubetriebe auf den sorptionsschwachen Geeststandorten, weisen eine sehr hohe Nährstoffversorgung aus Gärresten auf, was ein erhöhtes Nitratauswaschungsrisiko bedingt (HERRMANN et al., 2005).

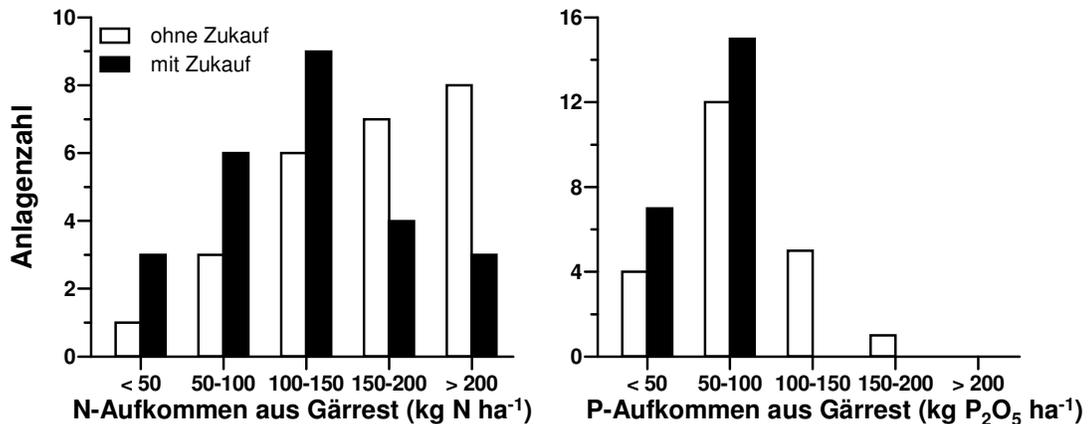


Abb. 2: Stickstoff und Phosphat-Aufkommen (kg ha^{-1}) aus Gärresten der erfassten Anlagen ($n=25$), berechnet für die Betriebsfläche (ohne Zukauf) bzw. Betriebsfläche incl. Substratzukauffläche (mit Zukauf).

Eine ähnliche Situation liegt für die Nährstoffversorgung der Maisbestände vor (Tab. 1). Die Nährstoffversorgung von Mais erfolgt in Biogasbetrieben fast ausschließlich über Unterfußdüngung ($20\text{-}60 \text{ N kg ha}^{-1}$ mineralisch) und darauf folgender Gärrestausrückführung, im Mittel 36 m^3 pro ha. Bei der Befragung fiel auf, dass die Düngeplanung relativ ungenau ist, so wurde oft eine große Diskrepanz zwischen der tatsächlich ausgebrachten und der eigentlich geplanten Düngermenge festgestellt. Im Durchschnitt der Betriebe erhält der Mais 145 kg N ha^{-1} aus Gärrest bzw. 185 kg N ha^{-1} Gesamt-N, was den Bedarf bei einem mittleren Ertrag von $140 \text{ dt TM ha}^{-1}$ doch deutlich übersteigt. Jedoch liegen sowohl nach oben als auch nach unten große Abweichungen vor ($115\text{-}248 \text{ kg N ges}$). Die Phosphatzufuhr ist in Bezug auf die „Richtwerte zur Düngung“ mit durchschnittlich $103 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ($65\text{-}210 \text{ kg ha}^{-1}$) als vergleichsweise hoch zu bewerten, während die Kaliumdüngung im unteren Bereich der Vergleichswerte liegt (Mittel $128 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$; $75\text{-}264 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$).

Tab. 1: Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumdüngung (kg ha^{-1}) von Mais für die Biogasproduktion aus Gärresten, sowie incl. Mineraldüngung (n=28).

	Gärrest			Gärrest plus mineral.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Min.	90	33	75	115	65	75
Max.	215	160	264	248	210	264
Mittel	145	61	128	185	103	128

Schlussfolgerungen

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die Biogasproduktion in Schleswig-Holstein zum einen durch eine Konzentration in Wasserschutz-sensiblen Regionen charakterisiert ist. Ein nicht unerheblicher Anteil dieser Biogasbetriebe weist eine sehr hohe Nährstoffversorgung auf, was Probleme im Hinblick auf die Nitratbelastung des Grundwassers nach sich zieht. Weiterhin wird der Substratanbau durch Silomais dominiert, der verstärkt in Monokultur steht – dies ist im Hinblick auf den Humushaushalt des Bodens, aber auch die Biodiversität kritisch zu sehen. Für die Zukunft gilt es daher, die vorhandenen Ressourcen (Boden und Gärreste) noch effektiver einzusetzen, um die Biogasproduktion ökonomisch und ökologisch weiter zu optimieren.

Die Optimierung der Biogasproduktion steht auch im Fokus des interdisziplinären Forschungsprojekts BIOGAS-EXPERT der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel (www.biogas-expert.uni-kiel.de). Hierbei werden neben dem pflanzenbaulichen Management der Substratproduktion (Fruchtfolgen, Gärrestverwertung) auch das Methanbildungspotenzial sowie potentiell negative Umweltwirkungen der Biogasproduktion durch Treibhausgasemissionen, NH₃-Emission und N-Auswaschung in verschiedenen Landschaftsräumen systematisch analysiert und modelliert.

Literatur

- HERRMANN, A., KERSEBAUM, K.C. UND TAUBE, F. (2005): Nitrogen fluxes in silage maize production: relationship between nitrogen content at silage maturity and nitrate concentration in soil leachate. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73, 59-74.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN, SRU (2007): Klimaschutz durch Bioenergie, Berlin, 185pp.
- VERTÈS, F., MENASSERI, S., MORVAN, T. (2005): Long term effect of the length of the grass period in ley-arable rotations on the quality of soil organic matter. In: Schröder, J.J. and Neeteson, J.J. (eds), 14th N workshop Vol. 116, pp. 219-222. PRI, Maastricht, NL.

Verbesserung der Wassernutzungseffizienz von Grünland- und Futterpflanzen durch wasserspeichernde Bodenzusatzstoffe

F. Küchenmeister^{a,b}, K. Küchenmeister^{a,b}, K. Kaminski^b, N. Wrage^{a*}, J. Isselstein^a

^aAbteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität, von-Siebold-Str. 8, D-37075 Göttingen;

^bArpadis Deutschland GmbH, Nordsternstr. 65, D-45329 Essen; *nwrage@gwdg.de

Einleitung und Problemstellung

Die Wahrscheinlichkeit, dass Dürren und Starkregenereignisse in Zukunft zunehmen, ist hoch (IPCC, 2007). Eine Möglichkeit der Anpassung von Grünland- und Futterbausystemen an diese geänderten Umweltbedingungen bietet der Einsatz von wasserspeichernden Bodenzusatzstoffen. In dieser Arbeit wurden Gewächshausversuche mit verschiedenen Grünland- und Futterpflanzen durchgeführt, die normal mit Wasser versorgt oder Trockenstress ausgesetzt waren. Er wurde getestet, inwieweit Arpolith oder Torf geeignet sind, den Einfluss von Trockenstress auf das Pflanzenwachstum einzudämmen. Arpolith¹ ist ein Präparat aus einem 3D Polymer, versetzt mit Gesteinsmehlen und anderen Materialien, das bis zu dem 30fachen seines Gewichts an Wasser aufnehmen kann.

Material und Methoden

Die Gewächshausversuche wurden in Göttingen (Deutschland) und in Riad (Saudi Arabien) mit Mais (*Zea mays*), Weizen (*Triticum aestivum*) und je einer Grassorte durchgeführt. Das in Göttingen verwendete Gras war Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*), in Saudi Arabien wurde Rhodesgras (*Chloris gayana*) untersucht.

Als Pflanzsubstrat wurde Quarzsand verwendet, der für eine Behandlung mit 5,5 g (Deutschland) bzw. 9 g (Saudi Arabien) Arpolith je Topf (550 bzw. 900 g Quarzsand in Deutschland bzw. Saudi Arabien) angereichert wurde, für eine weitere mit 5,5 g (Deutschland) bzw. 20 g (Saudi Arabien) Torf. Nachdem die Pflanzen gut etabliert waren, wurde die Hälfte der Töpfe normal weiter bewässert (tägliche Bewässerung, bis die Wasserhaltekapazität des Bodens erreicht war). Die andere Hälfte erhielt nur Wasser, wenn die Pflanzen schon deutliche Welkeerscheinungen zeigten und das Topfgewicht stark abgenommen hatte. Es ergaben sich also 6 verschiedene Behandlungen je Pflanzenart (siehe Tab. 1).

¹ Das hier untersuchte Produkt (Stand Februar 2008) wird für die Untersuchung als Arpolith bezeichnet. Die Versuche dienten ausschließlich der Erforschung der Eigenschaften dieses Produktes, nicht seinem Vertrieb oder seiner Bewerbung. Das Produkt ist zur Zeit nicht in Deutschland erhältlich.

Der Versuch wurde in beiden Ländern als Blockversuch mit je 10 Wiederholungen angelegt. Die Düngung erfolgte nach Bedarf der Pflanzen.

Die Pflanzen wurden zur Ernte (ca. 1 Monat nach Aussaat, bzw. 3 Wochen nach Beginn der Bewässerungsbehandlung) am Boden abgeschnitten und die Trockengewichte festgestellt (Trocknen 24 Stunden bei 70 °C).

Tab. 1: Untersuchte Faktoren und ihre Behandlungsstufen.

Faktor	Behandlungsstufe
Substrat	1.1 reiner Quarzsand (Kontrolle)
	1.2 Quarzsand mit Arpolith
	1.3 Quarzsand mit Torf
Bewässerung	2.1 normal
	2.2 reduziert
Pflanze	3.1 Weizen
	3.2 Mais
	3.3 Rhodesgras/Welsches Weidelgras

Ergebnisse und Diskussion

Die erzielten Biomassen waren in dem in Deutschland durchgeführten Versuch für Weizen und Mais vergleichbar mit denen in Saudi Arabien. Das Welsche Weidelgras bildete weniger Biomasse als das Rhodesgras. Bis auf das Welsche Weidelgras wuchsen alle Pflanzen mit normaler Wasserversorgung besser als mit reduzierter Versorgung (Abb. 1). In dem in Deutschland durchgeführten Versuch bildeten die Pflanzen in Töpfen mit Arpolith unabhängig von der Wasserversorgung mehr Biomasse als die in den anderen Töpfen.

Diese Ergebnisse konnten in Saudi-Arabien so nicht reproduziert werden. Hier wuchsen die Pflanzen mit Torf tendenziell besser als die mit Arpolith (Abb 1). Dies könnte an dem Salzgehalt des Gießwassers liegen, der in Saudi-Arabien mit $0,91 \pm 0,03$ mS vergleichsweise hoch war, was die Quellfähigkeit von Arpolith beeinträchtigte.

Das schlechtere Abschneiden der Töpfe mit Torf in Deutschland im Gegensatz zu denen in Saudi-Arabien könnte daran liegen, dass ein etwas anderes Produkt verwendet wurde. Außerdem wurde in Saudi-Arabien mehr Torf zugefügt (20 g pro 900 g Quarzsand) als in Deutschland (5,5 g pro 550 g Quarzsand).

Schlussfolgerungen

Der Bodenzusatzstoff Arpolith war unter den in dem Versuchsteil in Deutschland herrschenden Bedingungen in der Lage, die Biomasseproduktion der Pflanzen zu steigern. Inwieweit dies durch eine verbesserte Wassernutzung der Pflanzen verursacht wurde, wird in weiteren Analysen getestet. Das Produkt sollte jedoch noch weiterentwickelt werden, um auch unter Bedingungen, wie sie in Saudi Arabien herrschten, mit anderen Produkten konkurrieren zu können.

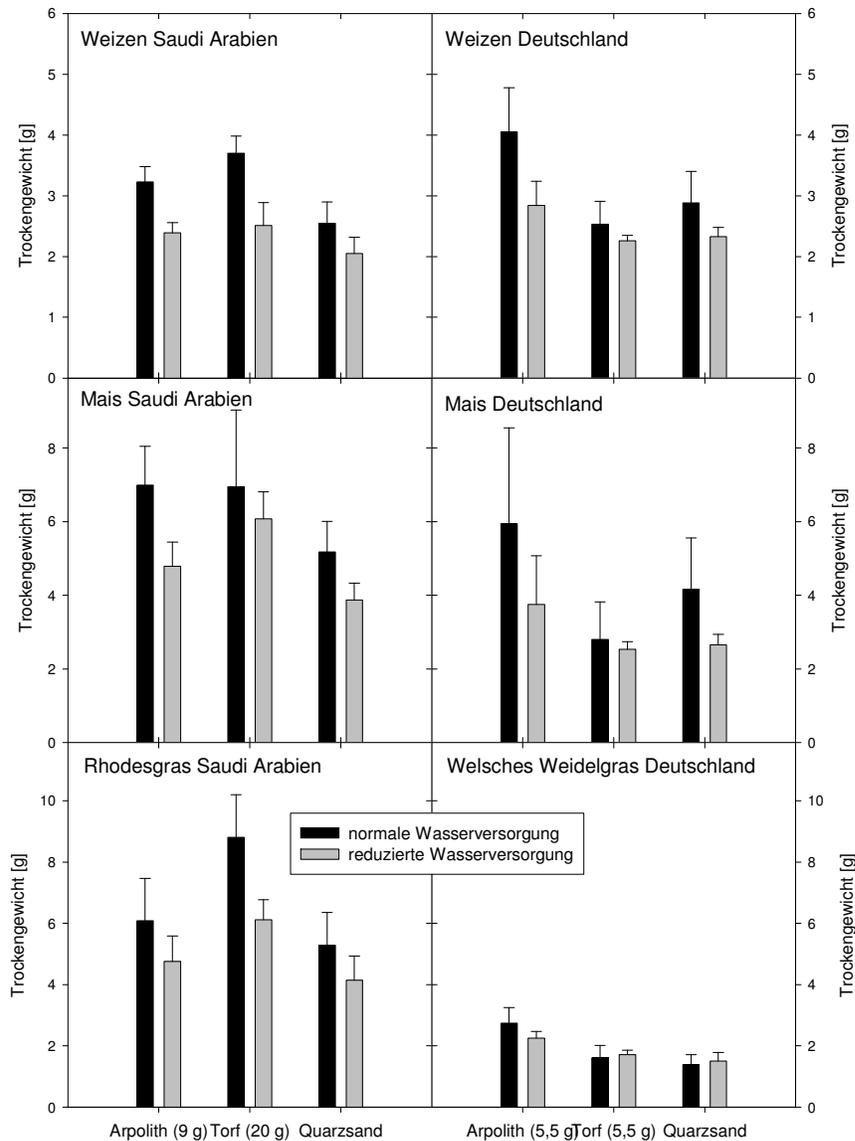


Abb. 1: Biomasseproduktion zur Ernte von Mais, Weizen und Rhodesgras bzw. Welschem Weidelgras. Die Pflanzen wurden im Gewächshaus in Saudi Arabien (Riad) bzw. Deutschland (Göttingen) auf reinem Quarzsand, Quarzsand mit Arpolith oder Quarzsand mit Torf angezogen. Die verwendeten Mengen Arpolith und Torf waren in Saudi Arabien und Deutschland unterschiedlich (siehe Achsenbeschriftung). In Saudi Arabien wurden 900 g Quarzsand pro Topf verwendet, in Deutschland 550 g. Gezeigt sind Mittelwerte und Standardabweichungen (n = 10).

Literatur

IPCC. 2007. Summary for Policymakers. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller [eds.], *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Messung der Wassernutzungseffizienz von Grünland- und Futterpflanzen mit Hilfe von stabilen Isotopen

N. Wrage^{a*}, F. Küchenmeister^{a,b}, K. Küchenmeister^{a,b}, K. Kaminski^b, J. Isselstein^a

^aAbteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen;

^bArpadis Deutschland GmbH, Nordsternstr. 65, 45329 Essen; *nwrage@gwdg.de

Einleitung und Problemstellung

In Folge des Klimawandels ist es wahrscheinlich, dass die Anzahl und Stärke von Dürren und Starkregenereignissen weiter zunimmt (IPCC, 2007). Grünland- und Futterpflanzen werden daher in Zukunft auch in Deutschland eine gute Wassernutzungseffizienz aufweisen müssen, um für den Anbau geeignet zu sein.

Die Wassernutzungseffizienz kann mit Hilfe von stabilen Kohlenstoffisotopen gemessen werden (FARQUHAR and RICHARDS, 1984; KAHMEN et al., 2005; CHEN et al., 2007). Hierbei wird ausgenutzt, dass Pflanzen, die gut mit Wasser versorgt sind, ihre Stomata geöffnet lassen und viel CO₂ aufnehmen können. So können sie stärker zwischen isotopisch schwererem und leichterem CO₂ selektionieren. Das isotopisch leichtere CO₂ (¹²CO₂) wird präferiert, es kommt zu einer Fraktionierung, bei der das Produkt leichter (abgereicherter) ist als das Substrat. Sind Pflanzen nicht so gut mit Wasser versorgt, so müssen sie mehr von dem CO₂ nutzen, das durch die reduzierten Öffnungszeiten der Stomata zur Verfügung steht. Hierdurch ist die Fraktionierung weniger stark und die Pflanzen sind stärker angereichert (beinhalten mehr von dem schweren ¹³C-Isotop als gut wasserversorgte Pflanzen, der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert ist höher).

Das Ziel dieser Arbeit war, die Kohlenstoffsignatur in unterschiedlichen Grünland- und Futterpflanzen zu untersuchen, die mit ausreichender Wasserversorgung bzw. mit Trockenstress angezogen wurden. Ausserdem wurde getestet, inwieweit zwei wasserspeichernde Zusatzstoffe (Torf und Arpolith², ein Präparat aus einem 3D Polymer, versetzt mit Gesteinsmehlen und anderen Materialien, das bis zu dem 30fachen seines Gewichts an Wasser aufnehmen kann) die Kohlenstoffsignatur der Pflanzen beeinflussen.

² Das hier untersuchte Produkt (Stand Februar 2008) wird für die Untersuchung als Arpolith bezeichnet. Die Versuche dienten ausschließlich der Erforschung der Eigenschaften dieses Produktes, nicht seinem Vertrieb oder seiner Bewerbung. Das Produkt ist zur Zeit nicht in Deutschland erhältlich.

Material und Methoden

In Gewächshausversuchen in Göttingen und Riad (Saudi Arabien) wurden Mais (*Zea mays*), Weizen (*Triticum aestivum*) und je eine Grasart auf Quarzsand angezogen. Das in Göttingen verwendete Gras war Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*), in Saudi Arabien wurde Rhodesgras (*Chloris gayana*) untersucht. Als Pflanzsubstrat diente Quarzsand, der für eine Behandlung mit 5,5 g (Deutschland) bzw. 9 g (Saudi Arabien) Arpolith je Topf (550 bzw. 900 g Quarzsand in Deutschland bzw. Saudi Arabien) versetzt wurde, für eine weitere mit 5,5 g (Deutschland) bzw. 20 g (Saudi Arabien) Torf. Die Pflanzen wurden nach Bedarf gedüngt.

Nachdem die Pflanzen gut etabliert waren, wurde die Hälfte der Töpfe normal weiter bewässert (tägliche Bewässerung, bis die Wasserhaltekapazität des Bodens erreicht war). Die andere Hälfte erhielt nur Wasser, wenn die Pflanzen schon deutliche Welkeerscheinungen zeigten und das Topfgewicht stark abgenommen hatte. Der Versuch wurde in beiden Ländern als Blockversuch mit je 10 Wiederholungen durchgeführt.

Die Pflanzen wurden zur Ernte am Boden abgeschnitten, getrocknet (24 Stunden bei 60 °C) und gemahlen (0,2 mm, Zentrifugalmühle). Die Isotopenproben wurden auf einem Finnigan MAT 251 Isotopenverhältnismassenspektrometer (IRMS; Finnigan, Bremen), das mit einem Conflo II-Interface (Thermo-Finnigan, Bremen) an einen NA1500 Elementaranalysator (Carlo Erba Instruments, Milano, Italien) gekoppelt war, gemessen. Als Referenzgas wurde N₂ verwendet, das gegen die Standards N1 und N2 (IAEA, Wien) kalibriert war. Acetanilid wurde als interner Standard genutzt.

Die Ergebnisse wurden mit SPSS für Windows statistisch ausgewertet. Die Daten wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalität geprüft. Unterschiede zwischen Behandlungen wurden mit Varianzanalyse (ANOVA, $\alpha = 0,05$) getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Es ergaben sich deutliche Unterschiede in der ¹³C-Signatur zwischen den C₃- und C₄-Pflanzen (Abb. 1). Wie erwartet, waren die C₄-Pflanzen (Mais und Rhodesgras) deutlich stärker angereichert als die C₃-Pflanzen. Dies kommt durch die geringere Fraktionierung durch PEP-Carboxylase in der C₄-Photosynthese (STRASBURGER et al., 1991). In dem Experiment in Saudi-Arabien waren die Pflanzen generell angereicherter als in Deutschland (Abb. 1). Dies ist wahrscheinlich durch die höheren Gewächshaustemperaturen in Saudi-Arabien bedingt, die bei allen Pflanzen einen gewissen Trockentress verursachten.

Bei den C₃-Pflanzen waren deutliche Unterschiede in der ¹³C-Signatur zwischen den Bewässerungsbehandlungen sichtbar (Abb. 1). Die ausreichend bewässerten Pflanzen wiesen -wie erwartet- signifikant abgereicherte Werte auf ($P < 0,001$). Bei den C₄-Pflanzen waren Unterschiede zwischen den Behandlungen viel geringer. Unter den saudi-arabischen Bedingungen zeigte der Mais keine signifikanten Unterschiede in der ¹³C-Signatur zwischen den Behandlungen. Ansonsten waren C₄-Pflanzen, die mit Wasserstress gewachsen waren, signifikant abgereicherter als die ausreichend bewässerten Pflanzen ($P < 0,001$). Es

gibt Hinweise darauf, dass die Photosynthese bei C₄-Pflanzen durch Wasserstress stärker beeinträchtigt wird als bei C₃-Pflanzen (RIPLEY et al., 2007). Wenn die interzelluläre CO₂-Konzentration bei Trockenstress weniger stark abfällt als die Photosyntheseleistung, so besteht ein größerer CO₂-Pool, so dass die Fraktionierung bei der Photosynthese stärker sein könnte. Dies könnte eventuell die Abreicherung unter Trockenstress bei C₄-Pflanzen erklären, muss jedoch noch näher untersucht werden.

Bei den in Deutschland durchgeführten Versuchen mit C₃-Pflanzen zeigten Pflanzen, die unter Wasserstressbedingungen gewachsen waren, mit Arpolith tendenziell abgereichertere Werte als mit Sand oder Torf als Substrat (Abb. 1). Dies könnte auf eine bessere Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen durch das Substrat hinweisen. Dieser Trend konnte in Saudi-Arabien nicht bestätigt werden, was vermutlich auf eine Beeinträchtigung der Quellfähigkeit von Arpolith durch eine höhere Salzkonzentration des Gießwassers bedingt war. Die C₄-Pflanzen zeigten keine Unterschiede im Isotopenwert hinsichtlich des Substrats.

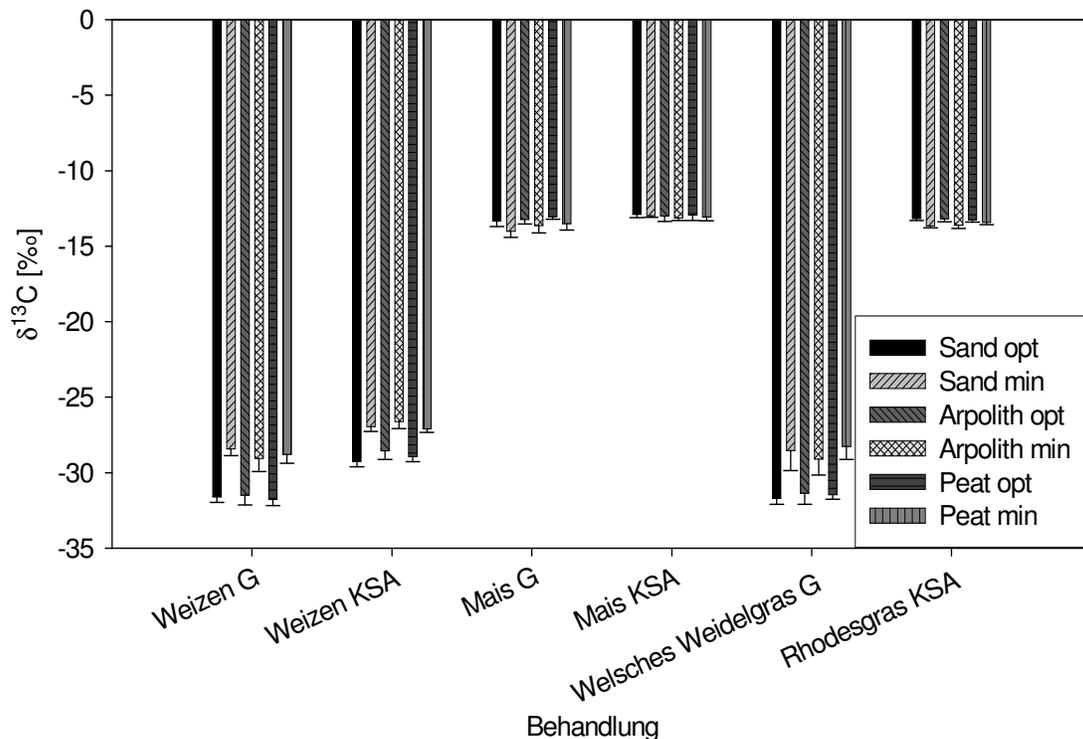


Abb. 1: Kohlenstoffsignaturen ($\delta^{13}\text{C}$) von Weizen, Mais, Welschem Weidelgras und Rhodesgras in Gewächshausversuchen in Deutschland (G) und Saudi-Arabien (KSA) mit ausreichender Bewässerung (opt) oder Trockenstress (min). Als Substrate für die Pflanzen wurden reiner Quarzsand (Sand), Quarzsand mit Arpolith (Arpolith) oder Quarzsand mit Torf (Torf) verwendet. Gezeigt sind Mittelwerte und Standardabweichungen ($n = 10$).

Schlussfolgerungen

Die Kohlenstoffsignatur der C₃-Pflanzen war bei geringerem Wasserstress angereicherter. Bei C₄-Pflanzen ergab sich ein umgekehrtes Bild. Die Gründe hierfür müssen noch näher untersucht werden. In dem Versuchsteil in Deutschland wiesen wenig bewässerte Pflanzen mit dem Substrat Arpolith weniger Wasserstress auf als Vergleichspflanzen mit Torf oder reinem Quarzsand. Dies konnte in Saudi-Arabien durch die verminderte Quellfähigkeit des Arpoliths aufgrund der höheren Salzkonzentration des Giesswassers nicht bestätigt werden.

Literatur

- CHEN, S., Y. BAI, G. LIN, J. HUANG, und X. HAN. 2007. Isotopic carbon composition and related characters of dominant species along an environmental gradient in Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments* 71: 12-28.
- FARQUHAR, G. D., und R. A. RICHARDS. 1984. Isotopic Composition of Plant Carbon Correlates With Water-Use Efficiency of Wheat Genotypes. *Functional Plant Biology* 11: 539-552.
- IPCC. 2007. Summary for Policymakers. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller [eds.], *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- KAHMEN, A., J. PERNER, und N. BUCHMANN. 2005. Diversity-dependent productivity in semi-natural grasslands following climate perturbations. *Functional Ecology* 19: 594-601.
- RIPLEY, B. S., M. E. GILBERT, D. G. IBRAHIM, und C. P. OSBORNE. 2007. Drought constraints on C₄ photosynthesis: stomatal and metabolic limitations in C₃ and C₄ subspecies of *Alloteropsis semialata*. *J. Exp. Bot.* 58: 1351-1363.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENCK, und A. F. W. SCHIMPER. neubearbeitet von P. Sitte, H. Ziegler, F. Ehrendorfer, and A. Bresinsky. 1991. *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.

Wirkung lang- und kurzfristiger Niederschlagsverhältnisse auf die ^{13}C Diskriminierung von C3-Vegetation im Zentralasiatischen Grasland

M. Wittmer¹, K. Auerswald¹, R. Tungalag², Y.F. Bai³, R. Schäufele¹ und H. Schnyder¹

¹ Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1, D-85350 Freising-Weihenstephan, Email: auerswald@wzw.tum.de

² National University of Mongolia, Ikh surguulin gudalmj – 1, Baga toiruu, Sukhbataar district, Ulaanbaatar, Republik Mongolei

³ Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, 20 Nanxincu, Xiangshan, Beijing, 100093, Volksrepublik China

Einleitung und Problemstellung

Das Zentralasiatische Grasland wird von perennierenden C3-Gräsern dominiert, jedoch sind auch C4-Pflanzen stark vertreten (ca. 20%, PYANKOV *et al.*, 2000). Für die Rekonstruktion der C3- und C4-Anteile an Hand der ^{13}C -Signatur einer Mischprobe müssen die ^{13}C -Signaturen der Endglieder bekannt sein. Die ^{13}C -Signatur von C3 Pflanzen korreliert jedoch negativ mit der Wasserverfügbarkeit, was primär auf die wasserabhängige Reaktion der ^{13}C -Diskriminierung ($^{13}\Delta$) auf Blattebene zurückzuführen ist (FARQUHAR *et al.*, 1989). In der vorliegenden Studie wird daher untersucht, wie Aridität (ausgedrückt durch lang- und kurzfristige Niederschläge) die ^{13}C -Signatur der C3-Komponente beeinflusst.

Material und Methoden

Es wurden Blätter-Mischproben auf Art-Ebene von *Stipa* (n=10) und verschiedenen C3-Pflanzen (n=61) im Jahr 2005 in der Inneren Mongolei (VR China), sowie von *Stipa* (n=39) und weiteren C3-Pflanzen (n=6) im Jahr 2006 in der Republik Mongolei entlang eines Ariditätsgradienten (mittlerer Jahresniederschlag MJN: 130-284 mm a⁻¹) beprobt, getrocknet, gemahlen und die ^{13}C -Signatur mit einem Massenspektrometer gegen den Standard VPDB gemessen. $^{13}\Delta$ ergibt sich nach FARQUHAR *et al.* (1989) aus der ^{13}C -Signatur der Probe ($\delta^{13}\text{C}_{\text{Probe}}$) gegenüber der Isotopenzusammensetzung des atmosphärischen CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{Luft}}$) des jeweiligen Jahres:

$$^{13}\Delta = \frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{Luft}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Probe}}}{1 + \delta^{13}\text{C}_{\text{Probe}}} \quad (\text{Gl. 1})$$

Zur Validierung wurde der bestehende Datensatz um weitere eigene Mischproben aus den Jahren 2003, 2006 und 2007 (2 *Stipa*, 20 C3-Pflanzen und 11 Proben des gesamten C3-Pflanzenbestandes) und veröffentlichte Daten (62 *Sti-*

pa und 83 C3-Pflanzen) aus dem Zentralasiatischen Gebiet erweitert. Alle Daten wurden um den Höheneffekt auf $\delta^{13}\text{C}$ korrigiert (MÄNNEL *et al.*, 2007).

Langfristige meteorologische Daten wurden einem hochauflösenden Datensatz ($1,5 \times 1,5 \text{ km}^2$) von THE CLIMATE SOURCE LLC. (2002) entnommen. Kurzfristige meteorologische Daten wurden dem NOAA SATELLITE AND INFORMATION SERVICE 2008 für 45 Stationen entnommen. Aus der Kombination beider Datensätze konnte für jeden Beprobungsort der jeweilige jahresspezifische, mittlere tägliche Niederschlag während der Vegetationsperiode (\bar{N}_{VP} , mm d^{-1}) geostatistisch interpoliert werden (Details siehe WITTMER *et al.*, 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Die Beziehung von $^{13}\Delta$ für *Stipa* gegenüber dem MJN der Jahre 2005 und 2006 ergab die gleiche Steigung, jedoch diskriminierte *Stipa* des Jahres 2006 um ungefähr 1‰ mehr als 2005 (Abb. 1). Dieser Versatz konnte auf Niederschlagsanomalien zurückgeführt werden, da 2005 trockener als 2006 war. Folglich verschwand der Unterschied in der Diskriminierung, wenn $^{13}\Delta$ von *Stipa* in Beziehung mit dem (kurzfristigen) \bar{N}_{VP} gesetzt wurde (Abb. 2).

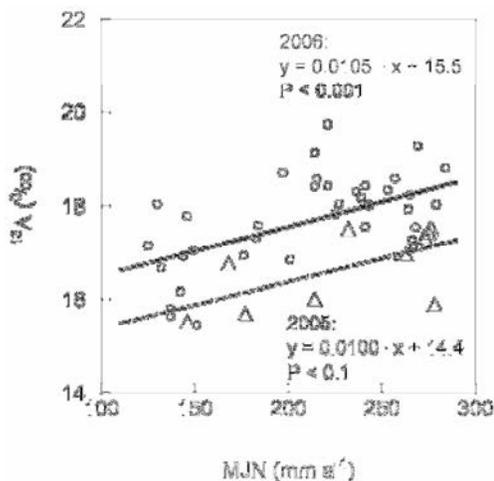


Abb. 1: $^{13}\Delta$ von *Stipa* in Abhängigkeit vom mittleren Jahresniederschlag für die Jahre 2005 (Dreiecke, gestrichelte Linie) und 2006 (Kreise, durchgezogene Linie).

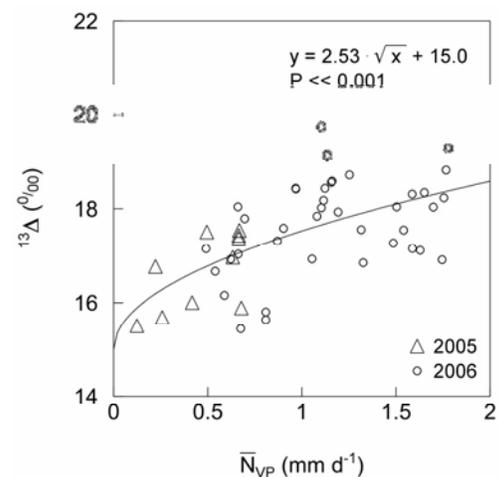


Abb. 2: $^{13}\Delta$ von *Stipa* in Abhängigkeit vom jahres-spezifischen, mittleren Niederschlag während der Vegetationsperiode.

Um die Allgemeingültigkeit für die gesamte C3-Komponente zu prüfen wurde die für *Stipa* entwickelte Beziehung mit eigenen und fremden Daten für *Stipa* und andere C3-Arten des Zentralasiatischen Graslandes verglichen. Dieser Datensatz folgte ebenfalls der an *Stipa* entwickelten Beziehung, jedoch war die Streuung größer. Es konnte kein Unterschied in der Reaktion (=Steigung) einzelner funktionaler Gruppen (z.B. Gräser oder Sträucher) auf die Wasserverfügbarkeit festgestellt werden. Augenscheinlich unterschieden sich aber monokotyledone und dikotyledone Arten im Interzept um 0,5‰. Die Beziehung war

auch für Validierungsdaten aus humideren Gebieten oder aus Jahren mit ausgeprägter Niederschlagsanomalie gültig. Ebenfalls gleich blieb die Beziehung zwischen $^{13}\Delta$ und N_{VP} für Mischproben der gesamten C3-Komponenten eines Standortes (Abb. 3). Die Streuung gegenüber den Einzelpflanzen war deutlich verringert, bedingt durch den Mittelungseffekt über alle C3-Arten des jeweiligen Standortes.

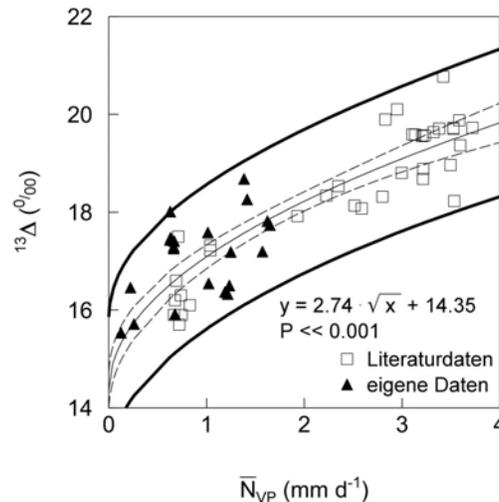


Abb. 3: $^{13}\Delta$ der C3-Komponente in Abhängigkeit vom N_{VP} . (21 eigene und 35 veröffentlichte C3 Daten). Die fetten Linien geben das 95%-Vertrauensintervall der Einzelwerte an, die gestrichelten Linien das 95%-Vertrauensintervall der Regression.

Die hier entwickelte Beziehung hat Implikationen auf $^{13}\Delta$ -Ariditäts-Studien, wenn langfristige Niederschläge herangezogen werden. So kann die Streuung von $^{13}\Delta$ -MJN-Beziehungen (z.B. MOLE *et al.*, 1994, LI *et al.*, 2007) zumindest teilweise auf Niederschlagsanomalien der jeweiligen Untersuchungsjahre oder des jeweiligen Untersuchungsortes zurückgeführt werden.

Die Artenzusammensetzung dieser Studie (ca. 50% perennierende Gräser) ist repräsentativ für das C3 dominierte Grasland der Mongolei. Durch die Ähnlichkeit zwischen den perennierenden C3 Gräser (in ihrer Phenologie, Blattstruktur und im Wurzelsystem) konnten auch keine Unterschiede durch die Veränderung der Artenzusammensetzung aufgedeckt werden.

Schlussfolgerungen

Niederschlagsanomalien verschieben die $^{13}\Delta$ -MJN-Beziehung. Eine allgemeingültige Beziehung ergibt sich dagegen zwischen $^{13}\Delta$ und N_{VP} . Diese Beziehung weist eine interannuelle Stabilität auf mit starker Ähnlichkeit zwischen dominierenden Arten (*Stipa*), funktionellen Gruppen und dem C3-Gesamtpflanzenbestand. Des Weiteren zeigte sich, dass diese Beziehung auch außerhalb der geographischen und klimatischen Randbedingungen, unter denen sie entwickelt wurde, gültig blieb. Aufgrund ihrer allgemeinen Gültigkeit und Stabilität ist die $^{13}\Delta$ - N_{VP} -Beziehung geeignet, die ^{13}C -Signatur des C3-Endgliedes einer C3/C4-Mischprobe zu schätzen.

Literatur

- FARQUHAR G.D., EHLERINGER J.R. & HUBICK K.T. (1989): Carbon isotope discrimination and photosynthesis, *Annu. Rev. Plant Phys.*, 40, 503–537.
- LI Y.B., CHEN T., ZHANG Y.F. & AN L.Z. (2007): The relation of seasonal pattern in stable carbon composition to meteorological variables in the leaves of *Sabina przewalskii* Kom. and *Sabina chinensis* (Lin.) Ant., *Environ. Geol.*, 51, 1279–1284.
- MÄNNEL T.T., AUERSWALD K. & SCHNYDER H. (2007): Altitude gradients of grassland carbon and nitrogen isotope composition are recorded in hair of grazers, *Global Ecol. Biogeogr.*, 16, 583–592.
- MOLE S., JOERN A., O'LEARY M.H. & MADHAVEN S. (1994): Spatial and temporal variation in carbon-isotope discrimination in prairie graminoids, *Oecologia*, 97, 316–321.
- NOAA SATELLITE AND INFORMATION SERVICE (2008): NOAA NCDC Climate Data Online: <http://cdo.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>.
- PYANKOV V.I., GUNIN P.D., TSOOG S. & BLACK C.C. (2000): C-4 plants in the vegetation of Mongolia: their natural occurrence and geographical distribution in relation to climate, *Oecologia*, 123, 15–31.
- THE CLIMATE SOURCE LLC (2002): Corvallis, OR, USA, PRISM spatial climate datasets for Mongolia and Inner Mongolia.
- WITTMER, M., AUERSWALD, K., TUNGALAG, R., BAI, Y. F., SCHÄUFELE, R., & SCHNYDER, H. (2008): Carbon isotope discrimination of C3 vegetation in Central Asian Grassland as related to long-term and short-term precipitation patterns, *Biogeosciences*, in press.

Trends in der ^{13}C -Diskriminierung und der physiologischen Wassernutzungseffizienz im Grünland in den letzten 150 Jahren

I. Köhler¹, P. Poulton², K. Auerswald¹, H. Schnyder¹

¹Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1, D-85350 Freising, Email: schnyder@wzw.tum.de

²Rothamsted Research, Harpenden, Herts, AL5 2JQ, United Kingdom

Einleitung und Problemstellung

Durch die Energiegewinnung aus fossilen Rohstoffen und durch Landnutzungsänderung ist die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre seit 1850 von $288 \mu\text{mol mol}^{-1}$ auf über $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$ gestiegen.

Pflanzen, die in Kurzzeitexperimenten unter erhöhter CO_2 -Konzentration (im Mittel $567 \mu\text{mol mol}^{-1}$) wuchsen, zeigten eine Abnahme der stomatären Leitfähigkeit und eine Zunahme der Photosyntheserate (AINSWORTH & ROGERS, 2007). Eine Verringerung der stomatären Leitfähigkeit bei steigender CO_2 -Konzentration könnte die Wassernutzungseffizienz steigern und die Transpiration verringern. Dies hätte Auswirkungen auf Wasserkreisläufe und das Klima (BETTS *et al.*, 2000). Kenntnisse über bereits erfolgte Anpassungsreaktionen der Pflanzen würden dabei helfen, Vorhersagen über zukünftige Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzen und auf Vegetation-Klima Interaktionen zu verbessern.

Untersuchungen stabiler Kohlenstoffisotope in Baumringen ergaben, dass die physiologische Wassernutzungseffizienz von Bäumen in den vergangenen Jahrhunderten zumeist zugenommen hat (BERT *et al.*, 1997; DUQUESNAY *et al.*, 1998; SAURER *et al.*, 2004). Vergleichbare Studien liegen für Grünlandvegetation bisher nicht vor, da die Kurzlebigkeit der Vegetationsorgane retrospektive Analysen nicht erlaubt. Das Park Grass Experiment und zugehörige Probenarchiv ermöglichten es, langfristige Veränderungen der Kohlenstoffisotopie und der ^{13}C -Diskriminierung in krautigen Pflanzenproben zu analysieren. Dies sollte zeigen, ob sich die physiologische Wassernutzungseffizienz des halbnatürlichen Graslandes der gemäßigten Zone während der letzten 150 Jahre verändert hat.

Material und Methoden

Das Park Grass Experiment in Rothamsted, England, wurde ursprünglich als Düngungsversuch im Jahr 1857 angelegt. Eine 2,8 ha große Dauergrünlandfläche wurde in 20 Parzellen unterteilt, welche jährlich mit unterschiedlichen Düngermengen und Düngerkombinationen behandelt wurden. Der Aufwuchs wird seither einmal bzw. zweimal (ab 1875) pro Jahr gemäht, Proben der Heuernte werden archiviert. Wir analysierten die Kohlenstoffisotopie in Proben der unge-

düngten und nicht gekalkten Nullparzelle 3. Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen von Proben des jeweils im Juni geernteten ersten Schnitts.

Das fein vermahlene Pflanzenmaterial wurde bei 60 °C 24 h getrocknet und Aliquote von 0,7 mg ± 0,05 mg in Zinnbecher der Größe 3,3 x 5 mm (IVA Analy-sentechnik e.K., Meerbusch, Deutschland) eingewogen. Die Proben wurden in einem Elementaranalysator (NA 1110; CarloErba Instruments, Mailand, Italien) verbrannt und der C- und N-Gehalt sowie die Kohlenstoffisotopie ($\delta^{13}\text{C}$) mit einem Massenspektrometer (Delta plus; Finnigan MAT) bestimmt. Aus der Kohlenstoffisotopie der Pflanzen ($\delta^{13}\text{C}_p$) und des atmosphärischen CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_a$, geschätzt nach WITTMER *et al.*, 2008) wurde die ^{13}C -Diskriminierung ($^{13}\Delta$) berechnet:

$$^{13}\Delta = \frac{\delta^{13}\text{C}_a - \delta^{13}\text{C}_p}{1 + \delta^{13}\text{C}_p}.$$

Veränderungen der Stomataöffnung oder der Photosyntheserate beeinflussen die CO_2 -Konzentration im Interzellularraum des Blattes. Die Diskriminierung $^{13}\Delta$ hängt nach FARQUHAR *et al.* (1982) vom Verhältnis der CO_2 -Konzentrationen im Interzellularraum (c_i) und in der Atmosphäre (c_a) ab:

$$^{13}\Delta = a + (b - a) \frac{c_i}{c_a},$$

wobei a und b die Fraktionierung bei der Diffusion (4,4 ‰) und bei der Kohlenstofffixierung durch die Rubisco (27 ‰) sind. Damit kann die interzelluläre CO_2 -Konzentration berechnet werden, aus der sich die physiologische Wassernutzungseffizienz (W_i) ergibt:

$$W_i = \frac{A}{g} = \frac{c_a - c_i}{1.6} = \frac{c_a \cdot (1 - \frac{c_i}{c_a})}{1.6},$$

wobei A die Assimilation und g die stomatäre Leitfähigkeit ist.

Der Wasserhaushalt der Fläche, insbesondere der verfügbare Bodenwasservorrat in der Vegetationsperiode, wurde nach SCHNYDER *et al.* (2006) modelliert. Auf Grundlage der verfügbaren Wetterdaten des Rothamsted Electronic Archives errechneten wir das pflanzenverfügbare Bodenwasser (PAW) in den einzelnen Monaten ab Februar 1947.

Ergebnisse und Diskussion

$\delta^{13}\text{C}$ der Proben hat in den letzten 150 Jahren parallel zu $\delta^{13}\text{C}$ des atmosphärischen CO_2 abgenommen (Abb. 1). Folglich blieb die ^{13}C -Diskriminierung langfristig konstant (Abb. 2), mit einem Mittelwert von 21,0 ‰ ($\pm 0,5$ ‰ SD), c_i/c_a betrug im Mittel 0,73. Die CO_2 -Konzentration im Interzellularraum des Blattes stieg deshalb im gleichen Verhältnis wie die atmosphärische CO_2 -Konzentration seit 1857 von 212 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ auf 282 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ um 33 % an. Die physiologische Wassernutzungseffizienz (Abb. 3) ist ebenfalls um 33 % von 48 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ auf 64 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ angestiegen. Ähnliche Zunahmen der physiologischen Wassernutzungseffizienz wurden auch in Untersuchungen an Baumringen beobach-

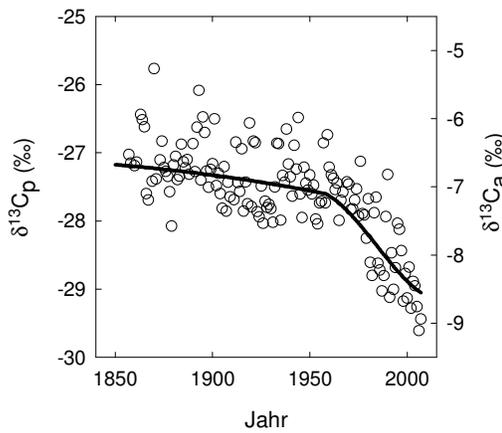


Abb.1: Langzeittrends der Kohlenstoffisotopie der Park Grass Proben (\circ , $\delta^{13}\text{C}_p$) und des atmosphärischen CO_2 ($-$, $\delta^{13}\text{C}_a$).

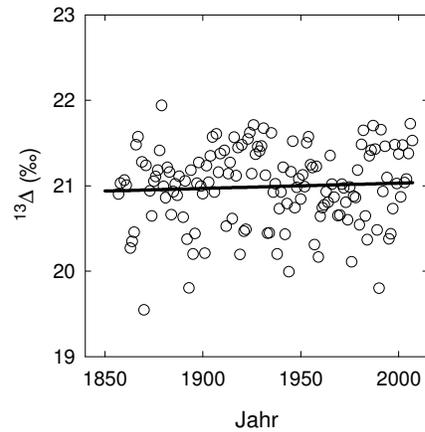


Abb. 2: Langzeittrend der Diskriminierung $^{13}\Delta$ des ersten Schnitts der Park Grass Proben (\circ , $^{13}\Delta$) und Regression ($-$):
 $y=0,0006 \cdot x+19,8$, $r^2=0,03$, $P=0,5$

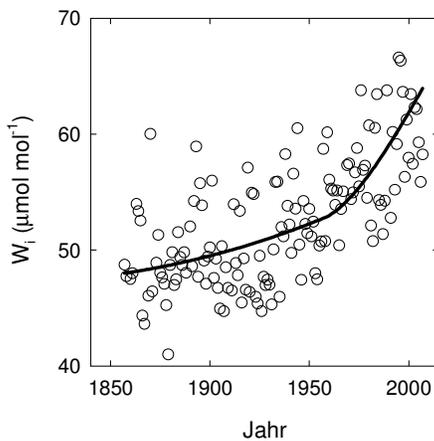


Abb.3: Langzeittrends der physiologischen Wassernutzungseffizienz der Park Grass Proben (\circ , W_t) und mit $c_i/c_a = 0,73$ berechnetes Modell ($-$).

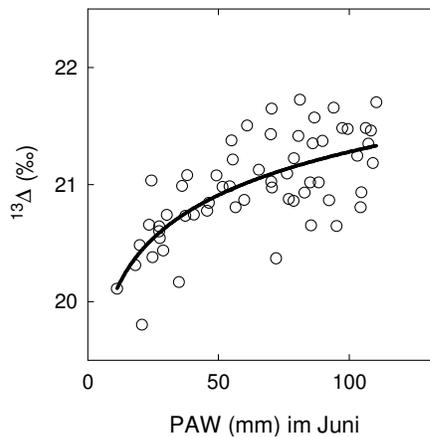


Abb.4: Korrelation zwischen der Diskriminierung (\circ , $^{13}\Delta$) und dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser im Juni und Regression ($-$):
 $y=0,53 \cdot \ln(x)+18,2$, $r^2=0,5$, $P<0,0001$

tet. So fanden SAURER *et al.* (2004) einen Anstieg der physiologischen Wassernutzungseffizienz um 19 % von 1861-1891 bis 1961-1990 in verschiedenen Koniferen, während BERT *et al.* (1997) in *Abies alba* im Zeitraum von 1930 bis 1980 einen Anstieg von 30 % beobachteten. DUQUESNAY *et al.* (1998) fanden bei *Fagus sylvatica* in Abhängigkeit vom Baumbestand eine Zunahme der physiologischen Wassernutzungseffizienz von 23 % und 44 % während des letzten Jahrhunderts.

In Kurzzeitexperimenten, in denen Pflanzen unter erhöhter CO_2 -Konzentration wuchsen, nahm die stomatare Leitfähigkeit von C3-Gräser im Mittel um 30 % ab, die Assimilationsleistung nahm um 30 % zu (AINSWORTH & ROGERS, 2007).

Eine höhere Assimilation sollte mit einer Zunahme der pflanzlichen Biomasse einhergehen, wie POLLEY *et al.* (1993) zeigten. Die Erträge der von uns untersuchten Nulldüngungsparzelle des Park Grass Experiments wiesen in den letzten 150 Jahren jedoch keinen signifikanten Ertragszuwachs auf (JENKINSON *et al.*, 1994). Dem „CO₂-Düngeeffekt“ wirkt vermutlich die Nährstofflimitierung auf der ungedüngten Parzelle entgegen. Für die Regulierung von c_i / c_a spielt also vor allem die verringerte stomatäre Leitfähigkeit eine Rolle.

Die Variation in der ¹³C-Diskriminierung konnte durch die interannuellen Schwankungen der Witterungsbedingungen erklärt werden. Die ¹³C-Diskriminierung des ersten Schnitts hing sehr stark vom pflanzenverfügbaren Bodenwasser im Juni ab (Abb.4).

Schlussfolgerungen

Die ¹³C-Diskriminierung in einem halb-natürlichen Grasland der gemäßigten Zone wies während der letzten 150 Jahre keinen signifikanten Langzeittrend auf. Dies ist vermutlich durch die Abnahme der stomatären Leitfähigkeit bedingt. Kurzfristig reagierte die ¹³C-Diskriminierung dagegen auf die interannuell unterschiedliche Wasserverfügbarkeit.

Die physiologische Wassernutzungseffizienz stieg proportional zur CO₂-Konzentration in der Atmosphäre an. Dies führt bei unverändertem Wasserdampf-sättigungsdefizit zwischen Blattinnerem und Atmosphäre zu einer Abnahme der Transpiration des Pflanzenbestandes. Eine verringerte Transpiration hätte eine Zunahme des Oberflächenabflusses (BETTS *et al.* 2007) zur Folge.

Literatur

- AINSWORTH E.A. & ROGERS, A. (2007) *Plant, Cell and Environment* 30, 258-270
BERT, D. *et al.* (1997) *Ecology* 78, 1588-1596
BETTS, R.A. *et al.* (2000) *Global Ecology & Biogeography* 9, 171-180
BETTS, R.A. *et al.* (2007) *Nature* 448, 1037-1041
DAWSON, T. *et al.* (2002) *Annual Review of Ecology and Systematics* 33, 507-559
DUQUESNAY, A. *et al.* (1998) *Plant Cell and Environment* 21, 565-572
FARQUHAR, G.D. *et al.* (1982) *Australian Journal of Plant Physiology* 9, 121-137
FIELD, C.B. *et al.* (1995) *Plant, Cell and Environment* 18, 1214-1225
JENKINSON, D.S. *et al.* (1994) *Journal of Agricultural Science*, 122, 365-374
POLLEY, H.W. *et al.* (1993) *Nature* 361, 61-64
SAURER, M. *et al.* (2004) *Global Change Biology* 19, 2109-2120
SCHNYDER, H. *et al.* (2006) *Global Change Biology* 12, 1315-1329
WITTMER, M.H.O.M *et al.* (2008) *Biogeosciences* 5, 913-924.

Die Wirkung der N-Ernährung auf die C- und N-Versorgung des Blattwachstums von Deutsch Weidelgras

M. Wild, F.A. Lattanzi, C. A. Lehmeier, R. Schäufele, H. Schnyder

Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1,
D-85350 Freising-Weihenstephan; Email: mwild@wzw.tum.de

Einleitung

Die Wachstumszone eines Grasblattes ist vollständig abhängig von der Assimilatversorgung durch andere Pflanzenteile. Die Assimilatversorgung erfolgt über das Phloem in Form von Saccharose und Aminosäuren (FISHER und MACNICOL, 1986; HAYASHI und CHINO, 1990). Die beiden Assimilate können sowohl durch die aktuelle Photosynthese und N-Aufnahme als auch durch die Mobilisierung von Speichern (Kohlehydrate oder Proteine) bereit gestellt werden (Abb. 1, siehe auch LATTANZI *et al.*, 2005).

Es ist bekannt, dass N-Mangel die Konzentration von Reservekohlehydraten (v.a. Fruktan) im Spross erhöht und die Proteinkonzentration senkt. Es ist aber unbekannt, welchen Einfluss diese Effekte auf den tatsächlichen Beitrag von Kohlehydratreserven und mobilisierten Proteinen zum Blattwachstum haben.

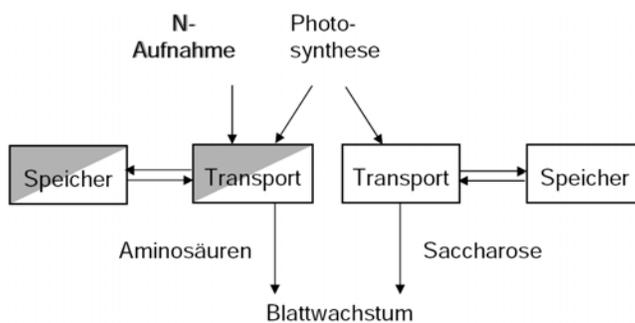


Abbildung 1: Hypothetisches Minimalmodell des Assimilatversorgungssystems der Blattwachstumszone. An der C-Versorgung sind 4 Pools beteiligt, an der N-Versorgung 2 Pools, wobei Saccharose (C und N) und Aminosäuren (N) die Transportformen sind. Direkt translozierte Assimilate durchfließen auf dem Weg zur Wachstumszone nur den Transportpool, speicherbürtige passieren zusätzlich den Speicher.

Ziel dieser Studie war es deshalb, den Einfluss der N-Ernährung auf den Beitrag von Reserven bezüglich der C- und N-Versorgung des Blattwachstums zu quantifizieren. Darüber hinaus haben wir untersucht, wie die N-Ernährung funktionelle Eigenschaften der verschiedenen Kompartimente (Pools) des Saccharose- und Aminosäure-Versorgungssystems (Größe und Halbwertszeit) beeinflusst. Diese Untersuchungen erfolgten mithilfe von ^{13}C - und ^{15}N -Markierung und kompartimenteller Modellierung des Zeitverlaufs der ^{13}C - und ^{15}N -Markierung im Importsubstrat der Wachstumszone. Ein vorläufiger Bericht zu dieser Thematik wurde bereits früher gegeben (WILD *et al.*, 2006).

Material und Methoden

Deutsch Weidelgras Pflanzen (*Lolium perenne*, Sorte Acento) wurden in vier Wachstumskammern bei kontinuierlichem Licht mit einer Photonenflussdichte von $275 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, einer Temperatur von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von 85 % angezogen. Die Pflanzenbestände wurden acht Mal pro Tag mit einer Nährlösung gewässert. Es wurden zwei N-Stufen differenziert: die Niedrig-N-Variante erhielt $1,0 \text{ mM NO}_3^-$, die Hoch-N-Variante $7,5 \text{ mM NO}_3^-$. Die Wachstumskammern waren Teil eines $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ Gasaustausch- und Markierungssystems (SCHNYDER *et al.*, 2003). Pflanzen der beiden N-Stufen wurden in jeweils zwei Kammern angezogen, wobei eine Kammer CO_2 mit $\delta^{13}\text{C}$ von $-28,8 \text{ ‰}$ und NO_3^- mit 1 Atom % ^{15}N erhielt, und die andere CO_2 mit $\delta^{13}\text{C}$ von $-1,7 \text{ ‰}$ und NO_3^- mit 0,37 Atom % ^{15}N . Zum Zweck der Markierung wurden Pflanzen innerhalb der N-Stufe zwischen den Kammern ausgetauscht und nach unterschiedlich langer Expositionsdauer (2 Stunden bis zu 39 Tage) aus den Kammern entnommen, und die Wachstumszone und ein angrenzendes Gewebestück, wie bei LATTANZI *et al.* (2005) beschrieben, geerntet. Die isotopische Zusammensetzung dieser Gewebe wurde in einem Massenspektrometer analysiert, und der Anteil an unmarkiertem C und N berechnet (SCHNYDER und DE VISSER, 1999). Die Markierungskinetik von C und N im Importfluss in die Wachstumszone wurde nach LATTANZI *et al.* (2005) ermittelt. Ebenso erfolgte die Modellierung der Poolkinetiken ähnlich wie von LATTANZI *et al.* (2005) beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Ernährung hatte einen starken Einfluss auf das Blattwachstum: Niedrig-N verlangsamte die Blattwachstumsrate um 47 %, verkleinerte die Blattwachstumszone um 44 %, und verringerte den Importfluss von Aminosäuren und Saccharose um 77 % bzw. 30 %.

Markierungskinetik des Importflusses

Hoch-N beschleunigte den Einbau von markiertem C und N in das Substrat welches in die Wachstumszone importiert wird (Abb. 2). Die Markierungskinetik des importierten C zeigte in beiden N-Stufen drei markante Phasen: eine erste Phase mit sehr schneller Zunahme der Markierung (erste 4 bis 8 Stunden), eine zweite Phase mit langsamerer Markierung (bis ca. 48 Stunden) und eine dritte Phase mit sehr stark verlangsamter Markierung (Abb. 2). Bei Hoch-N war die Hälfte des Importflusses nach knapp 3 Stunden markiert, bei Niedrig-N erst nach 5 Stunden. Die Markierungskinetik des N zeigte ebenso drei Phasen, wobei die erste einer Lag-Phase mit verzögert einsetzender Markierung entsprach (ca. 1 Stunde bei Hoch-N und 2 Stunden bei Niedrig-N). Darauf folgte jeweils eine Phase mit schneller Markierung, welche bei Hoch-N ca. 4 Stunden und bei Niedrig-N 24 Stunden dauerte. Danach stieg die Markierung im Importfluss nur noch langsam an. Selbst nach 24 Tagen (Hoch-N) bzw. 39 Tagen (Niedrig-N) verblieb noch ein unmarkierter Rest von 5% im Importfluss des N.

Das C- und N-Versorgungssystem des Blattwachstums

Die ^{13}C - und ^{15}N -Markierungskinetiken des Importflusses geben Aufschluss über die Struktur (Anzahl, Größe und Anordnung der Pools) und die kinetischen Eigenschaften (Turnover bzw. Halbwertszeit) des Versorgungssystems, welches die Wachstumszone mit Substrat (Saccharose und Aminosäuren) belie-

fert. Wir haben verschiedene Modellvarianten des Versorgungssystems (inklusive des hypothetischen 2-Pool-N- und 4-Pool-C-Minimalmodells, Abb. 1) in Form von Differentialgleichungssystemen entworfen, und ihre Fähigkeit die Markierungsdaten zu simulieren, geprüft. Der statistische Vergleich der Modellvarianten identifizierte sodann eine Variante welche einerseits möglichst einfach war und trotzdem als sehr wirklichkeitsnah angesehen werden konnte.

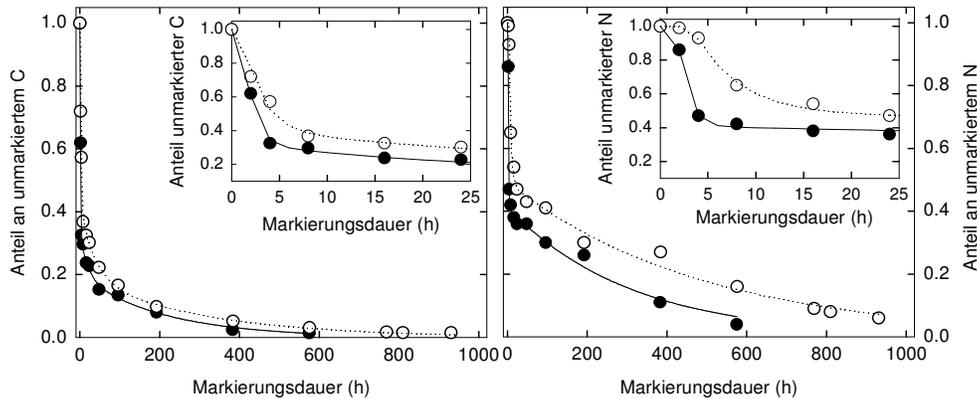


Abbildung 2: Markierungskinetik des C- und N-Flusses in die Wachstumszone. Anteil an unmarkiertem C und N in Hoch-N (●) und Niedrig-N (○) Pflanzen. Die Linien zeigen die entsprechenden Modellanpassungen.

Stickstoff

Tests ergaben, dass das N-Versorgungssystem der Wachstumszone in beiden N-Varianten am besten durch ein 2-Pool-Modell (wie in Abb. 1 angenommen) zu beschreiben war. Unter Hoch-N-Bedingungen zeigte der Transport-Pool (der aus der aktuellen N-Aufnahme gespeist wurde) eine Halbwertszeit von 0,6 Stunden, während die Halbwertszeit bei Niedrig-N ca. 6 mal größer war (Tab. 1). Der Langzeitspeicher zeigte unter Hoch-N eine Halbwertszeit von ca. 130 Stunden, die sich unter Niedrig-N auf ca. 170 Stunden erhöhte. Der Transportpool vergrößerte sich unter Niedrig-N absolut und relativ um das 2- bis 3-fache. Die N-Versorgung der Wachstumszone wurde unter Hoch-N zu 59 % direkt von der aktuellen N-Aufnahme und zu 41 % von zuvor (langzeitig) gespeicherten Substraten gespeist. Unter N-Mangel stammte tendenziell mehr N aus dem Langzeitspeicher (48 %). Während unter Hoch-N das erste markierte Substrat die Wachstumszone bereits nach einer Lag-Phase von ca. 1 Stunde erreichte, dauerte dieser Lag unter Niedrig-N ca. 2 Stunden. Da Aminosäuren die Hauptquelle der N-Versorgung der Wachstumszone sind, und diese in direkter Verbindung zum Proteinauf- und -abbau stehen, ist zu vermuten, dass der N-Transportpool hauptsächlich die Kinetik cytosolischer Aminosäuren reflektiert, während die Halbwertszeit des Speicherpools auf dem Turnover von Blattproteinen (insbesondere RubisCO) beruht, was durch ein durchschnittliches Blatterscheinungsintervall von 127 Stunden (Hoch-N) und 199 Stunden (Niedrig-N) unterstützt wird. Unter N-Mangel bedienen die Pflanzen den N-Bedarf des Blattwachstums offenbar vermehrt aus der seneszenzbedingten Mobilisierung von Blattproteinen.

Kohlenstoff

Die Modelltests zeigten, dass die ^{13}C -Kinetik – anders als vorhergesagt (Abb. 1) – am besten durch ein 3-Pool-Modell zu beschreiben war. Das 4-Pool Modell

ließ sich nicht beweisen. Dies war der Tatsache zuzuschreiben, dass die beiden prognostizierten Transportpools sehr ähnliche Halbwertszeiten aufwiesen, und damit anhand ihrer kinetischen Eigenschaften nicht separierbar waren. Das C-Versorgungssystem wurde deshalb als 3-Pool-Model abgebildet, mit einem zentralen Transportpool, der direkt von der Photosynthese gespeist wurde, und zwei Speicherpools mit unterschiedlicher Kinetik. Unter Niedrig-N wurden alle Pools langsamer umgewälzt (Tab. 1). Unter Hoch-N leistete die aktuelle Assimilation 69 % der C-Versorgung der Wachstumszone, während die beiden Speicher jeweils ca. 16 % beitrugen. Unter N-Mangel war der Beitrag der aktuellen Assimilation sowie des C-Langzeitspeichers geringfügig kleiner (61 %), während die Bedeutung des Kurzzeitspeichers deutlich anstieg (26 %).

Die sehr ähnlichen Halbwertszeiten des Transport-C- und Transport-N-Pools bzw. des Langzeit-C- und Langzeit-N-Speichers unterstützen die Vermutung, dass diese Pools Aminverbindungen enthalten (Aminosäuren bzw. Proteine). Das C:N- Verhältnis der Transportpools von 18 (Hoch-N) und 13 (Niedrig-N) deutet jedoch darauf hin, dass der größte Teil dieses Pools aus Saccharose bestehen muss. Der C-Kurzzeitspeicher enthielt keinen N, bestand also höchstwahrscheinlich aus Speicherkohlenhydraten (vakuoläre Saccharose oder Fruktan).

Tab. 1: Eigenschaften des C- und N-Versorgungssystems der Blattwachstumszone unter Hoch-N (7,5 mM N) und Niedrig-N (1 mM N): Größe und Halbwertszeit ($t_{0.5}$) der verschiedenen Pools, Dauer der Lag-Phase vom Beginn der Markierung bis zur Ankunft des Tracers in der Blattwachstumszone, sowie Beitrag der aktuellen Assimilation (% direkt) und Speicherpools (% Langzeitspeicher und % Kurzzeitspeicher) zur C- und N-Versorgung (Mittelwert \pm Fehler des Mittelwerts).

	Stickstoff		Kohlenstoff	
	7,5m M N	1,0m M N	7,5 mM N	1,0m M N
Transportpool (μg)	6,5 \pm 1,4	13,7 \pm 2,7	119 \pm 12	183 \pm 22
Langzeitspeicher (μg)	566 \pm 150	352 \pm 74	3198 \pm 1578	3037 \pm 2267
Kurzzeitspeicher (μg)	-	-	293 \pm 231	644 \pm 488
$t_{0.5}$ Transportpool (h)	0,59 \pm 0,05	3,24 \pm 0,29	0,69 \pm 0,07	1,4 \pm 0,2
$t_{0.5}$ Langzeitspeicher (h)	127 \pm 13	174 \pm 16	119 \pm 43	173 \pm 84
$t_{0.5}$ Kurzzeitspeicher (h)	-	-	11 \pm 8	19 \pm 12
Lag-Phase (h)	0,9	2,2		
% direkt	59 \pm 4	52 \pm 4	69 \pm 5	61 \pm 7
% Langzeitspeicher	41 \pm 4	48 \pm 4	16 \pm 5	13 \pm 7
% Kurzzeitspeicher	-	-	15 \pm 5	26 \pm 7

Literatur

- FISHER D.B. und MACNICOL P.K. (1986) *Plant Physiology* 82, 1019-1023.
 HAYASHI H. und CHINO M. (1990) *Plant and Cell Physiology* 31, 247-251.
 LATTANZI F. A., SCHNYDER H. und THORNTON B. (2005) *Plant Physiology* 137, 383-395.
 SCHNYDER H. und DE VISSER R. (1999) *Plant Physiology* 119, 1423-1435.
 SCHNYDER H., SCHÄUFELE R., LÖTSCHER M., GEBBING T. (2003) *Plant Cell and Environment* 26, 1863-1874.
 WILD M., LATTANZI F. A., LEHMEIER C. A., SCHÄUFELE R. und SCHNYDER H. (2006) *Schriftenreihe Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft* 17, 80-83.

Einfluss der Fütterung auf die isotopische und fettchemische Zusammensetzung von Kuhmilch

K. Auerswald, D. Weiß, R. Schäufele

Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1,
D- 85350 Freising-Weihenstephan, Email: auerswald@wzw.tum.de

Einleitung und Problemstellung

Hinsichtlich der tiergerechten Haltung, der umweltverträglichen Produktion und des gesundheitlichen Wertes der Milch bevorzugen Konsumenten weidebasierte Systeme, was sich beispielsweise auch in der Werbung niederschlägt. Der gesundheitliche Wert der Milch wird dabei insbesondere von ihrer Fettsäurezusammensetzung bestimmt.

Es stellt sich daher die Frage, ob sich Unterschiede im Milchproduktionssystem noch am Produkt nachweisen lassen. Wir prüfen hier die Hypothese, dass die isotopische Zusammensetzung des Kohlenstoffs ($\delta^{13}\text{C}$) der Milch hinreichend gut vorhergesagt werden kann, um eine behauptete Fütterung zu verifizieren.

Material und Methoden

Die Milch von 40 Betrieben in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz (Abb. 1) wurde wöchentlich beprobt. Bei 15 Betrieben geschah dies über fast ein Jahr, um auch die saisonale Variabilität der Fütterung zu erfassen. Zusätzlich wurden 16 individuell kontrolliert gefütterte und gemolkene Kühe eines Versuchsbetriebes beprobt ($n_{\text{gesamt}} = 671$). Aus den Angaben des Betriebsleiters zur Fütterung und Literaturangaben zur Signatur der Futterkomponenten (SCHWERTL *et al.*, 2005; MÄNNEL *et al.*, 2007) wurde die ^{13}C -Signatur des Futters vorhergesagt und mit Messungen der Milch verglichen. Die Vorhersage berücksichtigte den Anteil von Mais und Kraftfutter in der Ration und die Höhenlage der Rohfutterproduktion („Alpenmilch“!). Zusätzlich wurde die Fettsäurezusammensetzung der Milch gemessen.

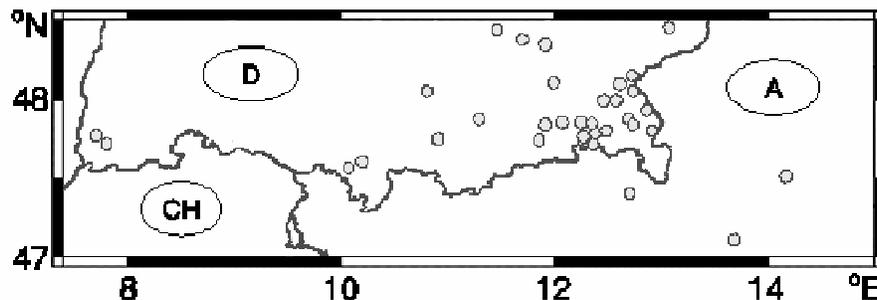


Abb. 1: Lage der beprobten Betriebe.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kohlenstoffsignatur lässt sich gut prognostizieren:

Die in der Milch gemessenen und die für das Futter vorhergesagten ^{13}C -Signaturen variierten weit ($\sim 10\text{‰}$) und korrelierten eng ($r^2 = 0,93$; Abb. 2). Den stärksten Einfluss auf die ^{13}C -Signatur hatte der C3/C4-Anteil im Futter (dh. der Maisanteil in der Ration), gefolgt von der Höhenlage der Rohfutterproduktion und dem Kraftfutteranteil in der Ration.

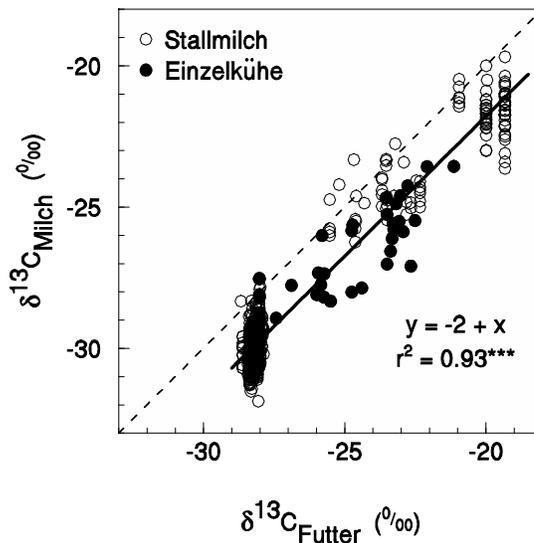


Abb. 2: Vergleich der in Milch gemessenen ^{13}C -Signatur mit der Signatur des Futters, vorhergesagt aus den Angaben zur Fütterung und Literaturwerten der Futterkomponenten (durchgezogene Linie: Regression; gestrichelt: 1:1-Linie).

Die Milch ist isotopisch leichter als das Futter

Zwischen dem Futter und der Milch trat eine Verschiebung der isotopischen Zusammensetzung des Kohlenstoffs von 1,73 ‰ auf (Futter-Milch-Shift). Wegen des großen Datensatzes war das Konfidenzintervall eng ($\pm 0,06\text{‰}$). Allerdings streute der Futter-Milch-Shift stark (Std.abw.: 0,74 ‰). Die Streuung des Futter-Milch-Shifts quantifiziert gleichzeitig den Gesamtfehler, der bei der Messung der ^{13}C -Signatur der Milch und der Vorhersage der Futtersignatur zu erwarten ist.

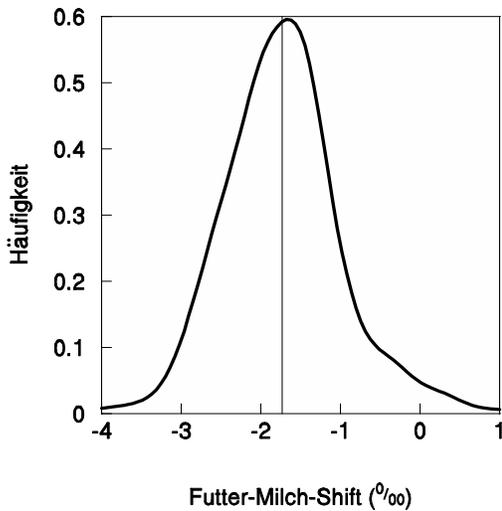


Abb. 3: Abweichung zwischen der (vorhergesagten) Signatur des Futters und der (gemessenen) Signatur der Milch (n = 632); die senkrechte Linie markiert den mittleren Futter-Milch-Shift von -1,73 ‰).

Langkettige Fettsäuren nehmen nicht die mittlere Isotopensignatur an

Neben Fehlern in Vorhersage und Messung war ein Teil der Variation des Futter-Milch-Shifts auf den By-pass langkettiger, isotopisch leichter Fettsäuren ($C \geq 18$) aus dem Futter in die Milch zurückzuführen. Dieser Anteil erklärte etwa ± 1 ‰ der Variation des Futter-Milch-Shifts (Abb. 4). Er ist schwer vorherzusagen, da er durch die pflanzliche Biosynthese, den tierischen Metabolismus und betriebliche Gegebenheiten gesteuert wird. Generell enthielt die Milch jedoch mehr langkettige Fettsäuren und war daher isotopisch leichter, je höher der Frischgrasanteil in der Ration war. Da die langkettigen, futterbürtigen Fettsäuren überwiegend mehrfach ungesättigt sind, bestimmt dies auch den gesundheitlichen Wert frischgrasbasierter Milch.

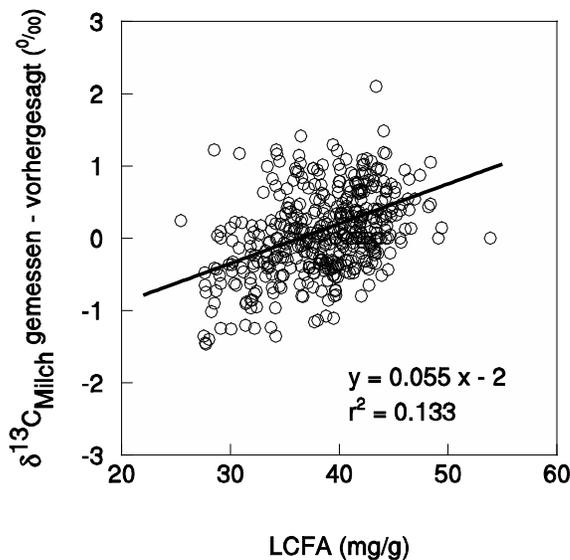


Abb. 4: Die Abweichung zwischen vorhergesagter und gemessener ^{13}C -Signatur in der Milch beruht zum Teil auf langkettigen Fettsäuren; die Vorhersage berücksichtigte den C4-Anteil, den Kraftfutteranteil, die Höhenlage und einen konstanten Futter-Milch-Shift.

Schlussfolgerungen

Die Kohlenstoffsignatur der Milch ist ein einfach zu messender und einfach vorherzusagender Parameter, mit dem wesentliche Angaben zur Fütterung und damit zum Produktionssystem verifiziert werden können.

Literatur

MÄNNEL, T.T., AUERSWALD, K., & SCHNYDER, H. (2007): Altitudinal gradients of grassland carbon and nitrogen isotope composition are recorded in the hair of grazers. *Global Ecology and Biogeography* 16, 583–592.

SCHWERTL, M., AUERSWALD, K., SCHÄUFELE, R. & SCHNYDER, H. (2005): Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 109,153-165.

Ausnutzung des natürlichen Wasserangebots in einer Fruchtfolge mit Silomais und Luzerne

K. Schmalzer

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften,
Invalidenstraße 42, D-10115 Berlin, Email: katrin.schmalzer@agrar.hu-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Unter Freilandbedingungen wird das Wasserangebot durch den Niederschlag und den Bodenwasservorrat im Wurzelraum bestimmt. Im nordostdeutschen Tiefland weisen die Böden nur ein geringes bis mittleres Bodenwasserbereitstellungsvermögen auf (ROTH *et al.*, 1987). Die Ertragshöhe ist stark vom Niederschlagsangebot während der Vegetationszeit abhängig. Mais weist als C4-Pflanze zwar eine günstige Ausnutzung des Wasserangebots auf, reagiert allerdings auf Wassermangel besonders vor und nach dem Termin der weiblichen Blüte mit Ertrags- und Qualitätseinbußen (SCHMALER *et al.*, 2003). Die Luzerne hat wie der Mais einen hohen Anspruch an das Wärmeangebot und vermag durch ihr tiefreichendes Wurzelsystem Trockenperioden relativ gut zu tolerieren. Unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels (OTTE, 2008) könnten beide Arten von einem höheren Wärmeangebot und verlängerten Vegetationsperioden auf Standorten mit Ackerzahlen >30 profitieren. Als Entscheidungsgrundlage für die Zusatzbewässerung auf diesen Standorten ist von Interesse, wann die Futterpflanzen einen besonders hohen Wasserbedarf haben und in welchem Ausmaß sie das verfügbare Bodenwasser verwerten können. Dazu wurden für einen Versuchsstandort umfangreiche Bodenfeuchte-Messungen ausgewertet.

Material und Methoden

Am Standort Berge (Bundesland Brandenburg, sickerwasserbestimmter Tieflehm, Ackerzahl 40, 9,2 °C, 502 mm) wurden in einer seit dem Jahre 1990 bestehenden dreifeldrigen Fruchtfolge mit Silomais, Winterweizen und Wintergerste die Trockenmasse- bzw. die Kornerträge (86 % TM) bestimmt. Seit dem Jahre 1994 wurde wöchentlich auf einem Schlag die Bodenfeuchte nach dem Prinzip der Time-Domain-Reflectometry (TOPP *et al.*, 1980) in den Messtiefen 15, 45, 75 und 105 cm mit 16 Wiederholungen bestimmt. Nach jeweils drei Jahren stand wieder die gleiche Fruchtart auf dem Schlag (Abb. 1). Die Luzerne wurde hier erstmalig im Jahre 2005 als Springschlag eingeordnet (Einsaat in Sommergerste, Ganzpflanzenernte). Für das Fruchtfolgefeld mit Mais liegen zusätzlich Messwerte aus 15, 45 und 75 cm Tiefe vor (ohne Jahre 1993, 1995 und 1998). Die Versuchsanlage diente in den Jahren 1993 bis 1998 zur Prüfung von umweltschonenden Verfahren des Silomaisanbaus im nordostdeutschen Tiefland (RICHTER, 1999). Am Standort beträgt die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge für Silomais und Getreide 155 mm (Schicht von 0...80 cm) sowie für Luzerne 204 mm (Schicht von 0...100 cm). Diese Bodenschichten sind für die

Fruchtarten und vergleichbare Standorte nach ROTH *et al.* (1987) als „effektiver Wurzelraum“ definiert (Abb.1).

Ergebnisse und Diskussion

Aus den über 58.000 Messwerten zur Bodenfeuchte lassen sich die Schichtwassermengen im Vegetationsverlauf verfolgen. Das dabei registrierte Wassergehaltsminimum im Boden lieferte die Information, wie viel Wasser die verschiedenen Arten in den Jahren aus dem Boden aufgenommen haben (Abb. 1). Die entsprechenden Trockenmasseerträge von Silomais und Luzerne sowie die Kornerträge der Getreidearten sind in Tab. 1 für den Versuchsschlag im Vergleich zum 14-jährigen Mittelwert für alle Fruchtfolgefelder dargestellt.

Tab. 1: Trockenmasse- bzw. Kornerträge (dt ha⁻¹) in der Fruchtfolge

Erntejahre	Silomais	Winterweizen	Wintergerste
1994...1996	123,8	76,4	41,4
1997...1999	136,2	78,1	78,6
2000...2002	160,6	83,5	74,5
2003...2005	101,7	90,7	Luzerne-Einsaat
Mittelwert (Schlag)	130,6	82,2	64,8
Mittelwert (n = 14)	151,0	76,0	69,2
Luzerne	Ansaatjahr	1. Hauptnutzungsjahr	2. Hauptnutzungsjahr
2005...2007	121,1	123,7	186,1

Die Trockenmasseerträge von Silomais und die Abnahme der Bodenwassermenge sind in Abb. 2 in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge dargestellt, welche in den Jahren zwischen 114 bis 481 mm von Aussaat bis Ernte variierte (Abb.2). Der Mais verbrauchte je kg Trockenmasse im Mittel der Jahre 215 l Wasser. Mit einer Niederschlagssumme von 765 mm wurde im Jahre 2007 am Standort Berge der bisher höchste Jahreswert festgestellt. Diesem stand mit nur 1,7 mm die geringste Menge für den Monat April gegenüber, die seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahre 1951 am Standort vorlag. Das Wassergehaltsminimum im Boden unter Luzerne wurde in der ersten Maidekade erreicht und 82 mm Bodenwasser verbraucht (Abb. 1). Die folgenden Niederschläge von 527 mm führten bis zum letzten Schnitt zum Anstieg der Bodenwasserhalte unter der Luzerne, aber noch nicht zum Entstehen einer Sickerfront. Im 2. Hauptnutzungsjahr (2007) lieferte die Luzerne Trockenmasseerträge von 186 dt ha⁻¹ (Tab. 1) und verbrauchte je kg Trockenmasse 328 l Wasser aus dem Niederschlags- und Bodenangebot, und damit etwa 100 l mehr als der Silomais. Nach der niederschlagsreichen Hauptsickerperiode der Jahre 2007/2008 erreichte die Niederschlagsmenge im Mai 2008 mit nur 10,3 mm nach dem Jahre 1988 den zweitniedrigsten Wert seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Der Bodenwasservorrat unter Luzerne war vor dem 2. Schnitt bereits um 114 mm reduziert (Abb. 1). Der Trockenmasseertrag lag in der Summe der ersten beiden Aufwüchse bei 92 dt ha⁻¹, wobei je 1 kg Trockenmasse 213 l Wasser verbraucht wurden.

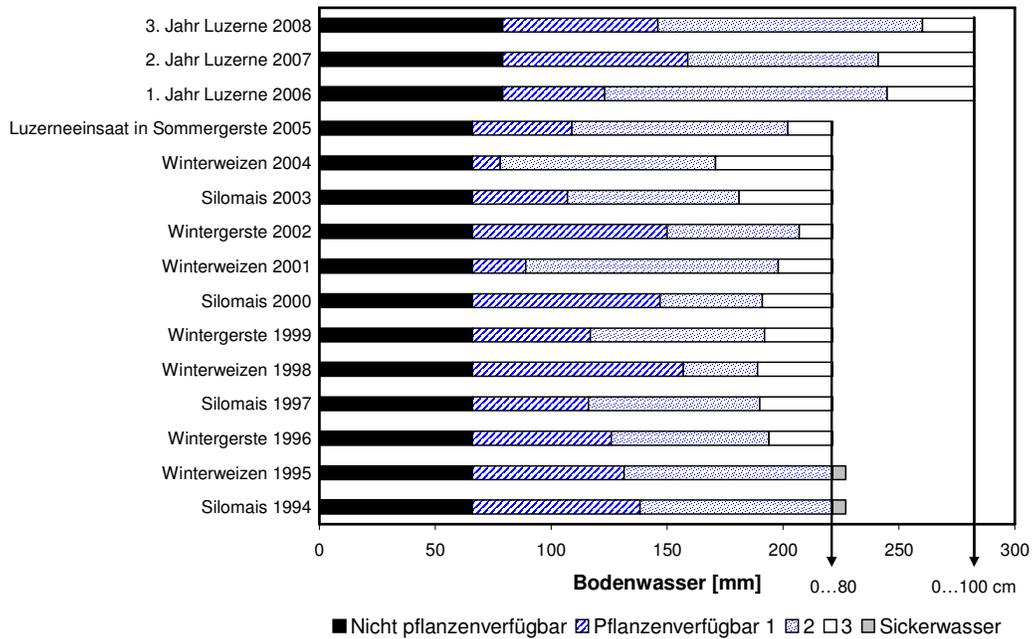


Abb. 1: Bodenwasserangebot in der Fruchtfolge (Silomais, Getreide in der Bodenschicht 0...80 cm, Luzerne in der Bodenschicht 0...100 cm) und Anteile des pflanzenverfügbaren Bodenwassers, die bei Erreichen des Bodenfeuchte-Minimums in der Vegetationszeit noch vorlagen (1), die von 1. Aprilwoche bzw. Maisaussaat bis zu diesem Termin verbraucht waren (2) und die in der 1. Aprilwoche bzw. zur Maisaussaat bereits nicht mehr verfügbar waren (3)

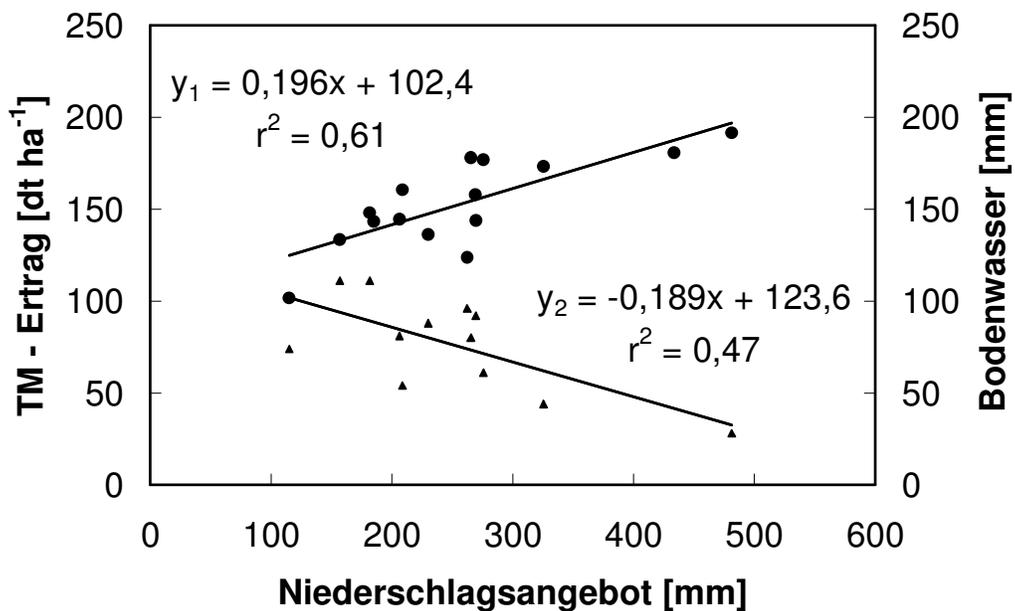


Abb. 2: Trockenmasseerträge von Silomais (y_1) und Abnahme des Bodenwasserangebots (y_2) in Abhängigkeit vom natürlichen Niederschlagsangebot von Aussaat bis Ernte in den Jahren 1993 bis 2007

Schlussfolgerungen

Die Winterniederschläge haben im Versuchszeitraum von 1994 bis 2008 in der Mehrzahl der Jahre zum Auffüllen der Bodenwasservorräte ausgereicht. Für die Futterpflanzen Silomais und Luzerne lagen die Bodenwassergehalte zur Aussaat bzw. in der ersten Aprilwoche noch bei über 80 % der nutzbaren Feldkapazität. Bis zum Beginn des Rispschiebens von Mais (Anfang Juli) nimmt der Bodenwasservorrat in der Mehrzahl der Jahre zunächst langsam ab und wird erst danach zügig bis zur Hälfte des pflanzenverfügbaren Vorrates verbraucht. Bei sehr hohen klimatischen Wasserbilanzdefiziten in der Vegetationszeit sinkt der Bodenwasservorrat nicht nur in der Krume, sondern im gesamten Wurzelraum auf <30 % der nutzbaren Feldkapazität ab (Schmaler *et al.*, 2003). Unter Luzerne war dagegen der Bodenwasservorrat in den Jahren 2006 bis 2008 bereits von Anfang Mai bis Mitte Juni deutlich reduziert. Im Gegensatz zu Mais nimmt ein etablierter Luzernebestand in größerem Umfang Wasser aus den Bodenschichten unterhalb von 75 cm Tiefe auf. Der Boden trocknet so bei ausbleibenden Niederschlägen nachhaltig aus. Die Trockenmassebildung von Luzerneaufwüchsen nach dem 2. Schnitt hängt ab Anfang Juli zunehmend vom Niederschlagsangebot ab. Auf Trockenperioden in den Jahren 2003 und 2006 reagierte nicht nur der Silomais, sondern auch die Luzerne mit sehr geringen Erträgen. Die Futterpflanzen erreichten andererseits nach überdurchschnittlich hohen Niederschlägen im Jahre 2007 die bislang höchsten Trockenmasseerträge in der Versuchsserie. Für die Standortbedingungen ist nach diesen Ergebnissen auch bei Futterpflanzen über den Einsatz der Bewässerung zu entscheiden. Der Mais kann in mindestens 50 % der Jahre unter Bewässerung sehr hohe Mehrerträge erreichen (Schmaler *et al.*, 2003). Bei weiter steigenden Maisanteilen in den Fruchtfolgen sind die Aspekte der N-Düngung (Kostenfaktor), der Nitratverlagerung und des Humusabbaus kritisch zu hinterfragen. In diesem Zusammenhang ist die Einordnung von Luzerne in Fruchtfolgen mit Mais günstig zu bewerten.

Literatur

- OTTE, U. (2008): Das Klima ändert sich. Verändert sich auch die Landwirtschaft? *Mais* 35, H. 2, 40-43.
- RICHTER, K. (Hrsg.) (1999) Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Abschlussbericht zum interdisziplinären DFG-Projekt 640-Ri. 1999. *Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät* 6, Heft 11, 228 S.
- ROTH, D., WERNER, D., KRUMBIEGEL, D. & WENDLING, U. (1987) Modellparameter und Modellberechnungen zur Ermittlung des Niederschlags- und Zusatzwasserbedarfes landwirtschaftlicher Fruchtarten in Abhängigkeit von Standort und Witterung. *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd.* 31, 531-541.
- SCHMALER, K., KRÜGER, U. & RICHERT, H. (2003): Ertrag und Qualität von Silomais in Abhängigkeit vom Wasserangebot. *Archives of Agronomy and Soil Science* 49, 357-374.
- TOPP, G. C., DAVIS, J. L. & ANNAN, P. N. (1980): Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research* 16, 574-582.

Autorenverzeichnis

A

Alabsi 254
 Amaudruz 180
 Arrigo 160
 Auerswald 71, 324, 328, 336

B

Bai 144, 324
 Behrendt 309
 Behrendts 152
 Bettler 203
 Bichsel 203
 Bockholt 254
 Boessinger 180, 223, 227, 235
 Boller 187
 Bötsch 1
 Braun 199
 Briemle 266
 Briner 191
 Buchgraber 117
 Buchmann 7

C

Claupein 293
 Collomb 156

D

Diepolder 289
 Dittert 140
 Dittmann 172, 254, 270, 301
 Dorfner 71
 Durgiai 29

E

Ehrmann 43
 Eickler 168
 Elsebach 128, 132

F

Felsner 305
 Fischer 91
 Frey 99
 Frossard 7, 51

G

Gago 258
 Giebelhausen 207
 Gierus 120, 140, 144, 148, 168
 Gong 140
 Grundler 199

H

Hadorn 63, 106
 Heimberg 110
 Hermann 148
 Herrmann 313
 Hofmann 91
 Hofstetter 99
 Huguenin-Elie 7, 51, 113, 258

I

Isselstein 47, 67, 246, 317, 320

J

Jänicke 195, 211

K

Kahle 301
 Kalmlage 67
 Kaminski 317, 320
 Kayser 47, 67
 Kinert 91
 Klimek 246
 Köhler 328
 Kohnen 136
 König 47
 Kreuzer 21
 Kuchen 286
 Küchenmeister F. 317, 320
 Küchenmeister K. 317, 320
 Kunz 83, 99
 Kupper 59

L

Landwehr 47
 Laser 124, 128, 132, 152
 Lattanzi 332
 Lehmeier 332
 Leisen 110, 117, 183, 278
 Lennartz 301
 Lin 140
 Lobsiger 223, 297
 Lösche 148
 Lüscher 7, 51, 191, 258, 262, 274

M

Mattern 124
 Meißner 309
 Menzi 55, 59
 Mersch 183
 Miehe 313
 Mosimann 63, 83

Autorenverzeichnis

Müller J.	172	Schubiger	187
Müller K.	120	Schulze	301
Müller L.	309	Schüpbach	180
		Schwertl-Banzhaf	305
N		Simon	128, 132
Nemecek	113	Spiekers	75
Novák	164	Stäheli	286
Nussbaum	215, 238, 242	Stankovičová	164
Nyfeler	7, 51	Steinberger	75
		Stettler	63, 95
O		Stroh	246
Opitz von Boberfeld	128, 132	Stutz	258
		Susenbeth	120
		Suter	7, 191, 262
		Sutter	235
P		T	
Petermann	99	Tanner	187
Piccand	231	Tas	120
Poulton	328	Taube	120, 140, 144, 148, 168, 313
Pries	110	Thomet	29, 63, 71, 95, 106, 203
Python	235	Thumm	43, 293
		Tiemeyer	301
R		Tönepöhl	152
Raschbacher	289	Tonn	266, 293
Rauch	75	Tungalag	324
Reidy	59		
Riehl	91	V	
Rommel	301	Vale	164
Roth	270	Vögtlin	87
		von Borstel	278
		Vormann	110, 183, 278
S		W	
Salama	148	Wan	144
Schalitz	309	Waser	250
Scharenberg	160	Weckherlin	43
Schäufele	324, 332, 336	Weigelt	7
Schellberg	136	Weiß	71, 87, 95, 336
Scherer-Lorenzen	7	Wetekam	219
Schiborra	120	Weyermann	274
Schick	79, 102	Wild	332
Schmalzer	340	Wippel	87
Schmid	199	Wittmer	324
Schmied	83	Wrage	317, 320
Schneider	274	Wyss	106, 156, 223, 231, 297
Schnyder	324, 328, 332		
Schöler	183		
Schönbach	120, 140, 144		
Schönfeld – Bockholt	270, 282		
Schröpel	176		